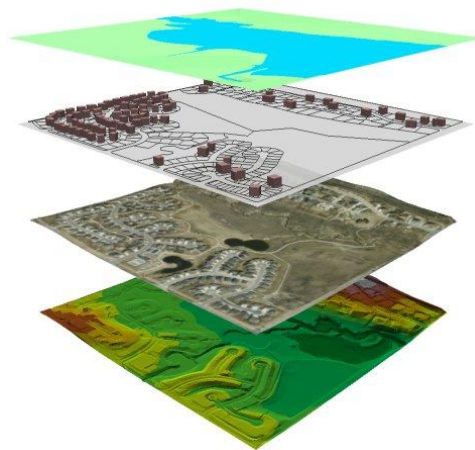


Tecnologias de Informação Geográfica



ARCGIS 10

Ana Cristina Gonçalves, Adélia M. O. Sousa

Textos didácticos

2017

ÍNDICE

1. Conceitos gerais de Sistemas de Informação Geográfica	1
2. Introdução ao ARCGIS 10.....	3
2.1 Inicialização do ArcGIS	3
2.2 Definição das extensões e barras de ferramentas	5
2.3 Definição do ambiente de trabalho	8
3. Visualização de dados geográficos	10
4. Construção de uma base de dados geográfica	12
4.1 Georreferenciação	12
4.2 Criação de ficheiros em formato vectorial	16
4.2.1 Digitalização de elementos gráficos (pontos, linhas e polígonos).....	16
4.2.2. Construção de uma tabela de atributos	18
4.2.3. Edição de ficheiros em formato vectorial.....	21
4.3 Exercícios de aplicação	21
4.3.1 Exercício 1	21
4.3.2 Exercício 2	22
4.3.3 Exercício 3	22
5. Operações de análise a 3D e análise espacial.....	23
5.1 Modelo digital do terreno	23
5.2 Superfícies derivadas do modelo digital do terreno	25
5.3 Exercícios de aplicação	33
6 Operações espaciais	34
6.1 Reclassificação e álgebra de mapas.....	34
6.2 Geoprocessamento.....	36
6.3 Exercícios de aplicação	39
7 Modelação hidrográfica.....	41
8. Acesso a servidores remotos	52
9. Análise da produtividade	56
10. Layouts.....	62

1. Conceitos gerais de Sistemas de Informação Geográfica

As ciências geográficas só recentemente tiveram um grande desenvolvimento, não se restringindo simplesmente a uma ferramenta, a uma junção de conhecimentos de outras áreas, mas sendo também um domínio científico. As suas componentes fundamentais são a cartografia, posicionamento, sistemas de informação e computação gráfica (Matos, 2001).

A importância da modelação geográfica deve-se ao facto de a generalidade dos fenómenos ser georeferenciável, o que permite aplicações vastíssimas e diversificadas.

A representação cartográfica evoluiu por forma a facilitar o cruzamento de dados de variadíssimos domínios de forma precisa, na sua generalidade a representação do conhecimento especial.

Uma das definições actuais mais utilizada de um **Sistema de Informação Geográfica (SIG** ou *GIS - Geographic Information System*) é um sistema de *hardware*, software, informação espacial e procedimentos computacionais que permite e facilita a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenómenos que nele ocorrem.

Neste texto apresentam-se os exercícios resolvidos com o *software* ARCGIS de forma a apoiar as aulas teórico práticas de Sistemas de Informação Geográfica.

2. Introdução ao ARCGIS 10

2.1 Inicialização do ArcGIS

Na abertura do programa surge por defeito uma janela “ArcMap – Getting Started” que permite abrir projectos existentes ou novos a partir de “Templates” existentes. Para criar um novo projecto deverá seleccionar-se “cancel” (Figura 1).

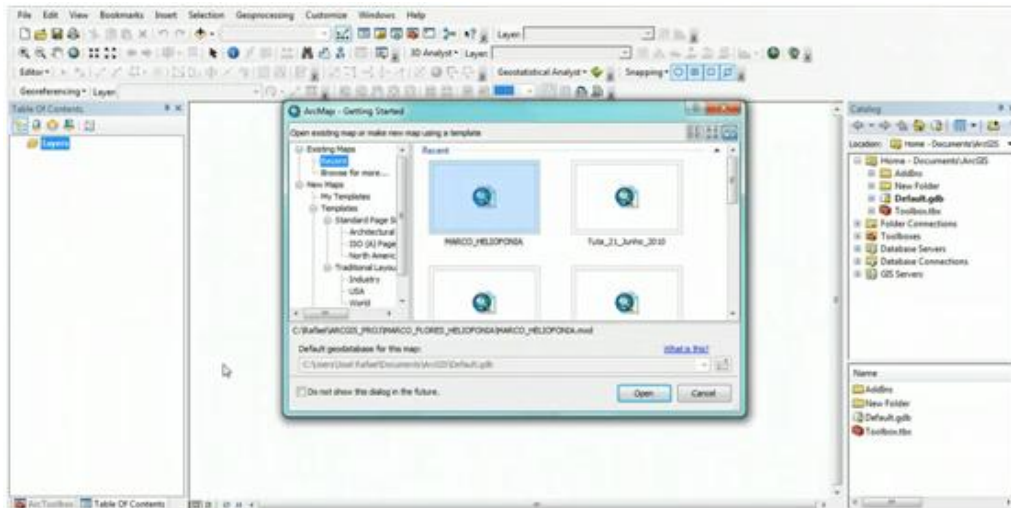


Figura 1 Janela ArcMap – Getting Started.

Antes de se criar um projecto no ArcGIS deverá efectuar-se a criação de uma pasta no disco do computador onde se organiza e guarda todo o trabalho.

Refira-se ainda que cada tema vectorial criado no ArcGIS é composto por sete ficheiros, com as seguintes extensões **dbf**, **prj**, **sbn**, **sbn**, **shx**, **dbf**, **shp**. No Catalog surge apenas o ficheiro com a extensão shp, no entanto os restantes ficheiros estão-lhe associados e a eliminação de um ou vários impede a sua posterior utilização.

No caso dos ficheiros matriciais são criadas duas pastas uma cujo **nome é atribuído pelo utilizador**, composta por vários ficheiros e outra gerada pelo sistema que tem o nome **info**. De sublinhar que estas duas pastas deve estar sempre associadas, dado que a eliminação da pasta info impede a utilização do tema matricial criado. Refira-se ainda que a pasta gerada pelo sistema tem sempre o mesmo nome (info), que pode estar associada a um ou a vários temas matriciais e ao projecto. No entanto, a pasta info de diferentes projectos em ArcGIS contém uma informação diferente, por isso quando se trabalha em formato matricial há que ter o cuidado de criar, para cada conjunto de temas criados num projecto, uma pasta.

O ArcGIS tem dois menus principais à esquerda **Table of contents**, composta por uma ou várias “layers” onde se vão adicionar os temas; e à direita **Catalog**, que funciona como um explorador e em que se podem localizar as diferentes pastas que existem no disco e os ficheiros. Estes menus podem

estar visíveis ou não, em qualquer zona do espaço de trabalho, embora seja recomendável estar localizados como se indica na Figura 1.

Caso estes menus não estejam visíveis podem associar-se ao projecto seleccionando o ícon que se apresentam na Figura 2.



Figura 2 Activação dos menus Table of Contents e Catalog.

Os menus podem ser colocados em qualquer local do projecto embora seja mais prático que a Table of contents se localize à esquerda e o Catalog à direita. Podem ainda colocar-se estes menus em “autohide”, de acordo com as preferências do utilizador. Para colocar estes menus no lado direito e esquerdo deverá clicar-se duas vezes na janela.

À esquerda pode-se associar-se à “Table of content” outro menu: **ArcToolbox** (Figura 3), que é composto por um conjunto de ferramentas de trabalho, que pode ser visualizado clicando na respectiva janela.

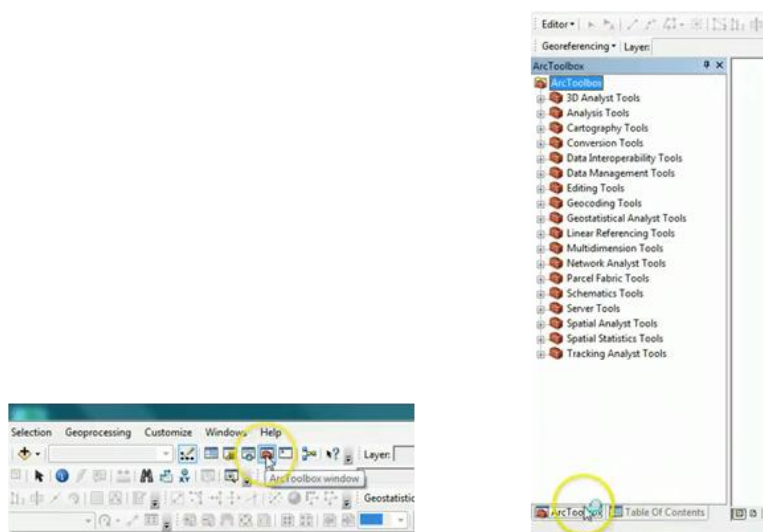


Figura 3 Activação da ArcToolBox no menu Table of contents.

Quando se criar um novo projecto surge no canto superior esquerdo a indicação de “untitled” (Figura 4).



Figura 4 Criação de um novo projecto.

É possível trabalhar sem guardar o projecto, podendo-se guardar os ficheiros. No entanto, muitas vezes, estes são arquivados em pastas temporárias, que dificilmente permitem a sua posterior recuperação. Deste modo sugere-se e aconselha-se que se guarde o projecto numa pasta com nome e localização conhecida, procedendo do seguinte modo: **File/Save as**:

Surge uma nova janela “Save as”, devendo seleccionar-se a pasta que foi anteriormente criada e atribuir um nome ao ficheiro. Os ficheiros correspondentes aos projectos ficam com a extensão “.mxd”. Após a criação do projecto no canto superior esquerdo e no menu “Catalog” surge o nome do projecto. No projecto serão adicionados os ficheiros de entrada e os resultantes das operações efectuadas, permitindo deste modo organizar a informação.

Outro dos aspectos importantes é a definição das propriedades do projecto, que permite que o projecto e os ficheiros a ele associados possam ser transferidos para outros computadores, com todos os ficheiros associados ao projecto. Para tal deverão seguir-se as seguintes instruções (Figura 5):

File/Map Document properties/Pathnames: activar “Store relative pathnames to data sources”.

A nova janela que surge permite ainda a colocação de um conjunto de informação, nomeadamente título, resumo, descrição, autor (Figura 5).

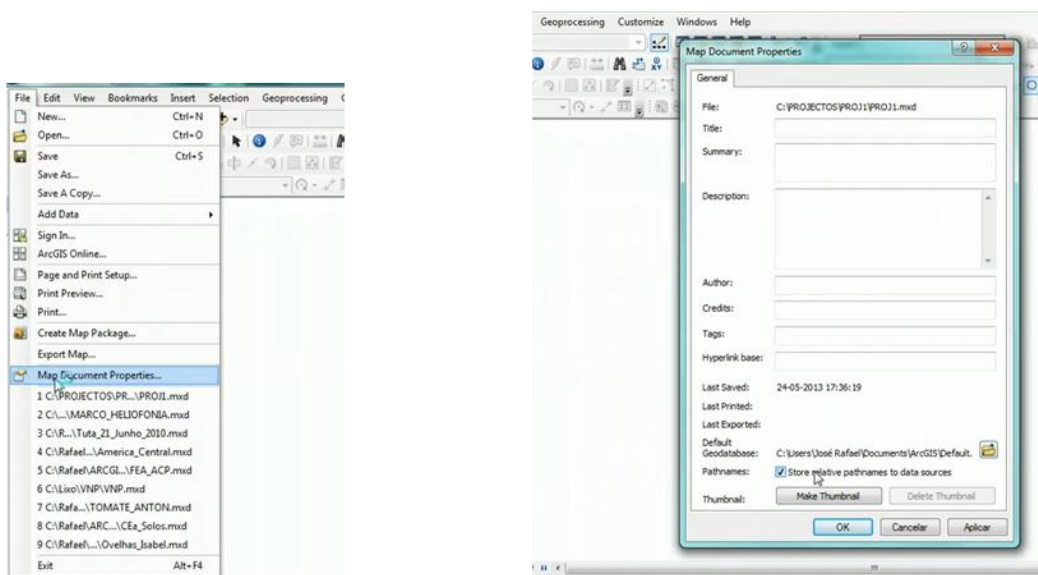


Figura 5 Definir as propriedades de um projecto.

Em relação ao nome das directorias, subdirectorias e ficheiros a título de segurança convém definir os nomes sem tiles ou acentos (Ex: ã, ô, é), sem cedilhas (Ex: ç), sem traços ou caracteres (Ex: -, %, &, /) sem espaços entre os caracteres, podendo usar-se o *underscore* (Ex: a_a). Devem-se também colocar os ficheiros de trabalho nas directorias de projecto pois extensões como o “Spatial Analyst” apresentam muitos erros se assim não se fizer.

2.2 Definição das extensões e barras de ferramentas

Podem colocar-se as extensões e barras de ferramentas na zona superior da área de trabalho através das instruções: Menu **Customize/Toolsbar** (Figura 6).

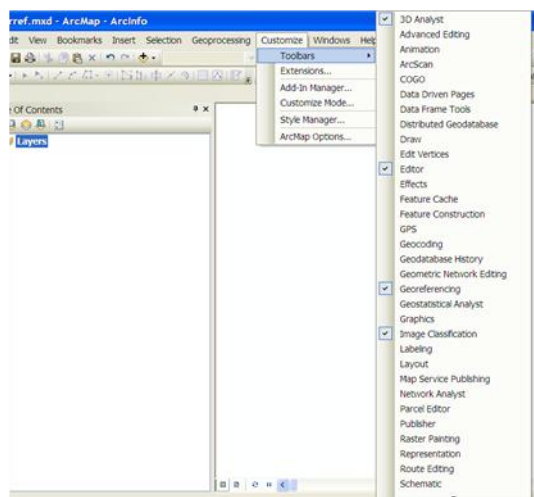


Figura 6 Customização das barras de ferramentas.

Os utilizadores individuais do ArcGIS têm que activar as extensões para que possa trabalhar com as ferramentas nelas incluídas, procedendo do seguinte modo: na barra superior seleccionar **Customize/Extensions**, activar **3D Analyst** e **Spatial Analyst** e **Close** (Figura 7).

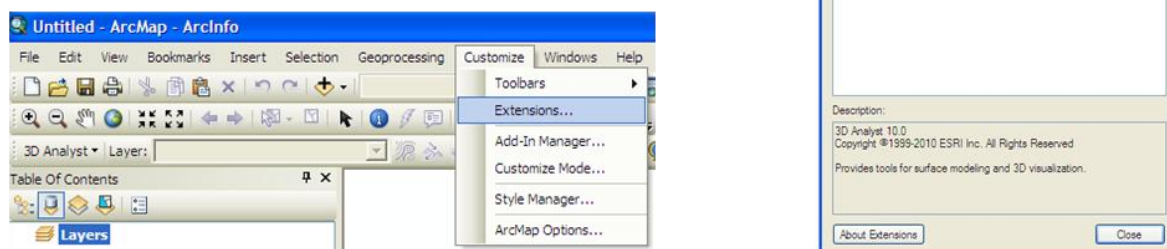


Figura 7 Activação das extensões em ArcGIS 10.

As propriedades do projecto são definidas pelos seguintes passos sequenciais: **View/Data Frame properties** (Figura 8).

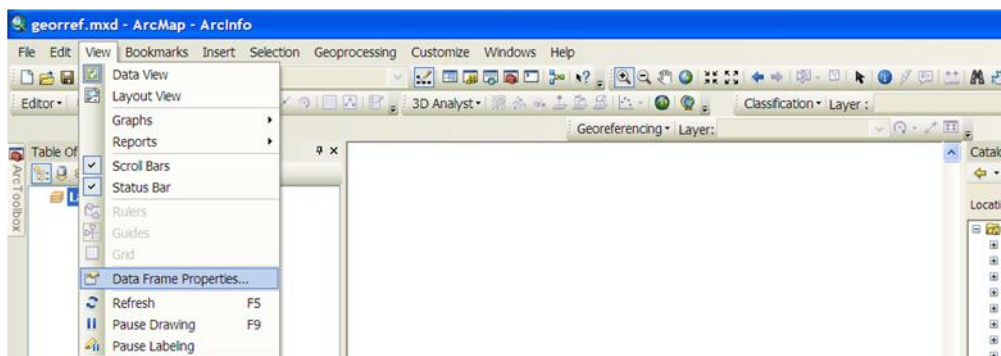


Figura 8 Definição das propriedades do data frame.

Surge uma nova janela e na vista **General**, deve introduzir o nome da Layer (*Name*) e as unidades (*Map* e *Display*) (Figura 9).

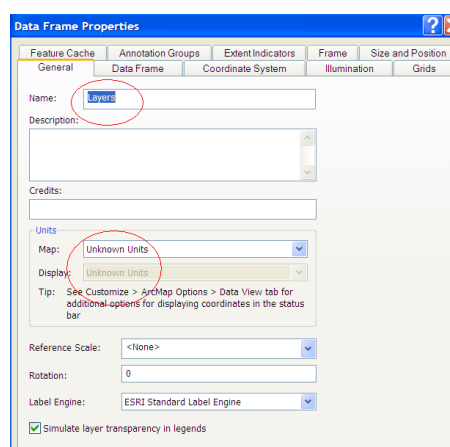


Figura 9 Definição do nome e unidades do data frame.

Na vista **Coordinate system** deve ser definido o sistema de Projecção de trabalho. O ArcGIS dispõe de um conjunto vasto de sistemas de coordenadas predefinidos, que permitem de modo simples associa-los aos temas. Deverá antes de se seleccionar o sistema de coordenadas ter a certeza que se está a escolher o correcto.

Exemplo: Sistema de projecção das cartas Militares (1:25000):

Select coordinate system/Predefined/Projected Coordinate Systems /National Grids/Europa/ Lisboa Hayford Gauss IGeoE (Figura 10).

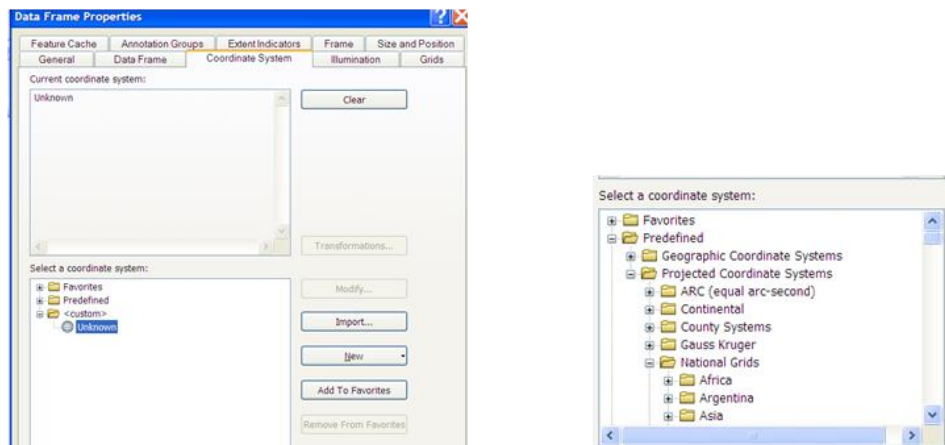


Figura 10 Definição do sistema de coordenadas.

Pode ainda ter interesse ter duas ou mais layers, que se adicionam com **Insert/Data Frame**. Surge uma nova layer como o nome **New Data Frame**, que se deve formatar como o indicado anteriormente.

2.3 Definição do ambiente de trabalho

O ambiente de trabalho, ou seja a pasta onde vão ser gravados todos os ficheiros criados, deve ser criada antes de se iniciar o trabalho com os seguintes passos:

Visualizar e seleccionar **ArcToolbox**

Em qualquer parte da janela Toolbox clicar no botão do lado direito do rato e seleccionar **Environments...** (Figura 11).

Seleccionar **Workspace** e abrir o browser (Figura 12).

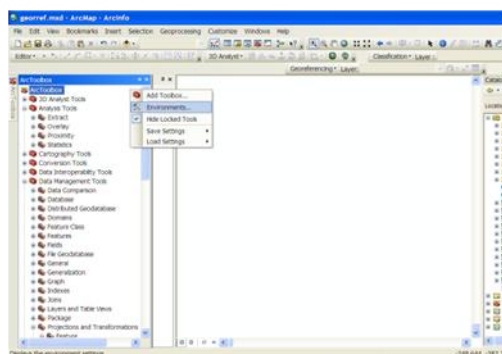


Figura 11 Localização da ferramenta de definição do ambiente de trabalho.

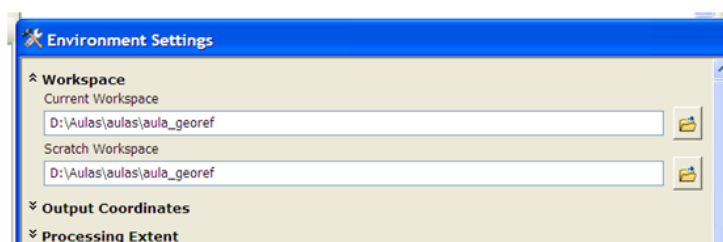


Figura 12 Definição do espaço de trabalho.

Procurar o caminho onde tem a pasta de trabalho, clicando em **Connect to Folder**, que abre uma nova janela com o explorador do windows (Figura 13).

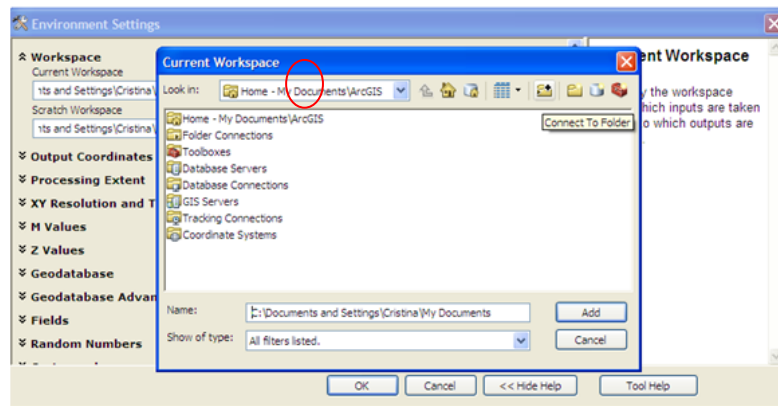


Figura 13 Selecção do caminho para o ficheiro onde se pretende trabalhar.

3. Visualização de dados geográficos


Os temas de entrada para um trabalho em ArcGIS devem guardar-se no disco numa pasta. São visíveis no Catalog (Figura 14), indicando na parte inferior da janela o tipo de tema (matricial ou vectorial).



Figura 14 Temas visíveis no Catalog.

Para adicionar os ficheiros ao projecto podem seguir-se três caminhos:

1 – seleccionar e arrastar o tema para a layer;

2 – seleccionar **Add data**  abre uma nova janela, com um explorador permitindo seleccionar um ou vários ficheiros a adicionar ao projecto;

3 – seleccionar **File/Add data/Add data** e proceder como em 2.

A visualização dos temas efectua-se clicando no quadrado à esquerda do nome do tema. Com Ctrl pode-se visualizar todos os temas de uma layer (Figura 15, esquerda).

Numa layer a hierarquização dos temas não é casual. Aparecem em cima os temas vectoriais e em baixos os matriciais. Os temas vectoriais aparecem também hierarquizados em cima os temas de pontos, seguidos dos de linhas e dos de polígonos.

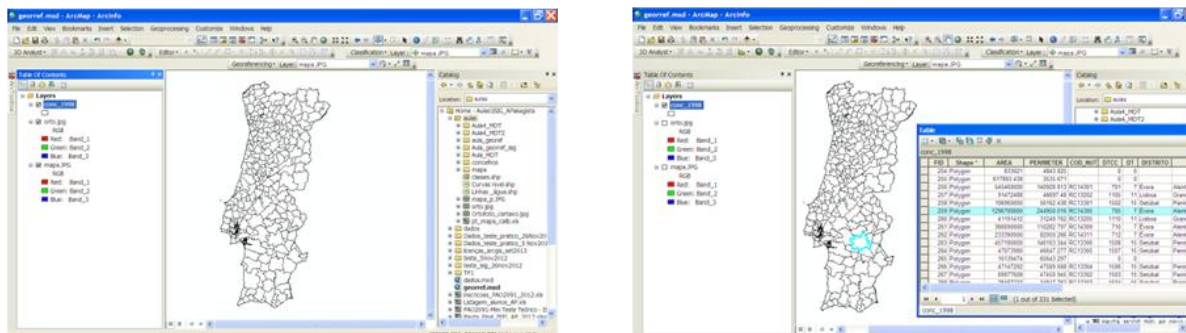


Figura 15 Visualização de um tema (esquerda) e da tabela de atributos (direita).

A um tema vectorial está associada uma tabela de atributos que contém um conjunto de informação associado a cada ponto, linha ou polígono. Como exemplo Figura 15 à direita, apresenta-se o mapa dos limites administrativos dos concelhos com a sua tabela de atributos onde está toda a informação associada a cada polígono.

Os temas matriciais, raster ou quadriculares podem ser de vários tipos, com ou sem tabela de atributos. Como exemplo na Figura 16 apresenta-se um ortofoto.

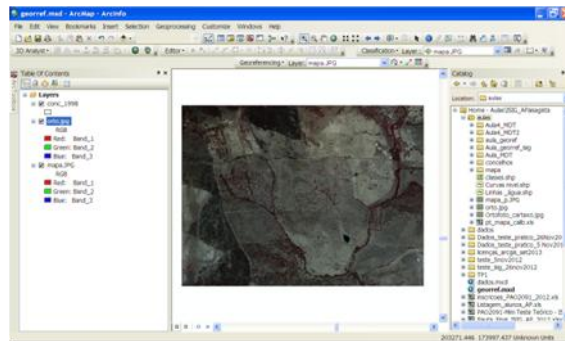
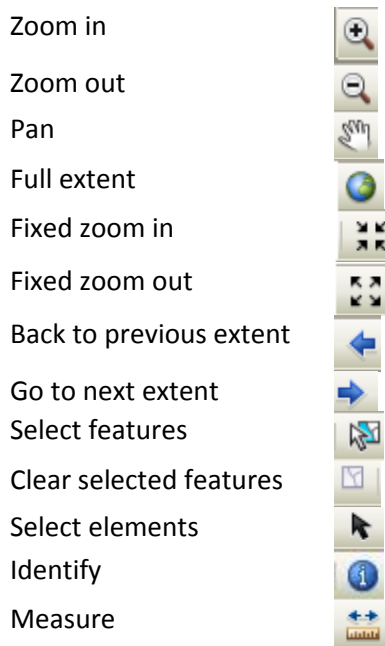


Figura 16 Exemplo de um ortofoto.

Nos temas vectoriais podem alterar-se as características de visualização do tema seleccionando-se e clicando com o botão direito do rato em **Properties**, aparece uma nova janela e selecciona-se **Symbolology** e clicando no rectângulo que define a cor surge outra janela, **Symbol selector**, que permite escolher a cor, a espessura de linha, nos temas de pontos o tipo de ponto e o seu tamanho e nos temas de linhas o tipo de linha e o seu tamanho.

Na barra **Tools**, encontram-se uma série de ferramentas úteis nomeadamente:



4. Construção de uma base de dados geográfica

4.1 Georreferenciação

Num SIG só faz sentido trabalhar com qualquer tipo de dados geográficos se tiverem o sistema de projecção correcto. A atribuição do sistema de projecção é designado por Georreferenciação.

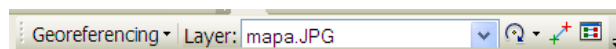
Podem-se georeferenciar, imagens de mapas (obtidas através de qualquer *scanner*) de forma a poder vectorizar informação contida neste mapa analógico e transformar essa informação em formato digital, criando assim novas camadas de informação geográfica. No entanto, antes de realizar esta tarefa é necessário determinar previamente quais serão os seus pontos de controlo, ou seja, pontos que se identifiquem bem nos dados a georreferenciar e nos dados geográficos de referência (com sistema de coordenadas associado).

Imagine-se que se tem uma informação geográfica associada a vias de transporte, caso se tenha, no mapa a georeferenciar, as vias de transporte visíveis, com os seus cruzamentos, poderemos utilizá-los para georeferenciar a imagem obtida através do *scanner*. É importante conhecer no mínimo as coordenadas de 4 pontos antes do procedimento de georreferenciação. Estes pontos se possível devem estar distribuídos de forma a cobrir a maior parte da imagem, por exemplo um em cada canto e um ou vários no meio.

Para melhor se apreender a georreferenciação os passos sequenciais serão apresentados com o exemplo do exercício 1.

Exercício 1 - Georreferenciação de uma carta militar.

Activar a barra de ferramentas:



Neste exercício irá associar-se o sistema de coordenadas a parte de uma carta Militar no formato digital (formato: jpg, bmp, ...), de acordo com os seguintes passos:

- Adicionar o ficheiro de imagem à layer (Mapa.jpg, Figura 17).

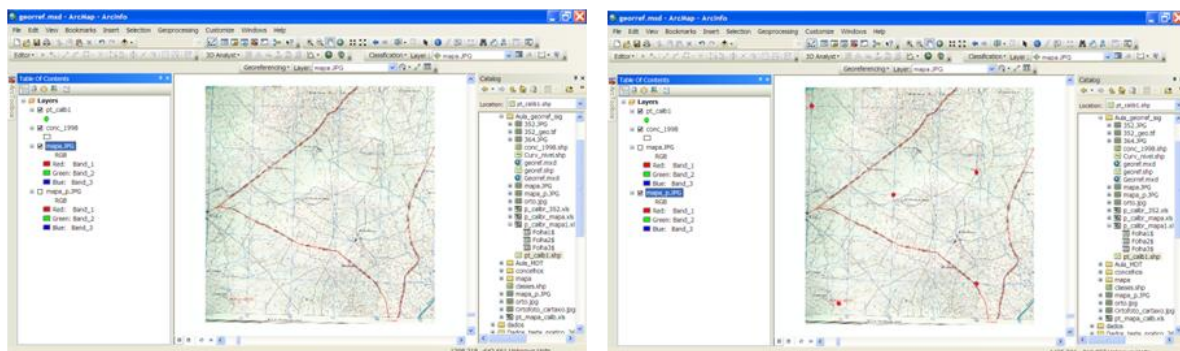


Figura 17 Temas Mapa e Mapa_p.

O ficheiro **Mapa.jpg** é o mapa que efectivamente se pretende corrigir e **Mapa_p.jpg** é o mesmo mapa mas com os pontos assinalados de onde se recolheram as coordenadas, e que vai funcionar como mapa auxiliar para facilitar a identificação dos pontos (indicados a vermelho).

Na Figura 18 estão apresentados os pontos com as coordenadas em shapefile. Com base no ficheiro shapefile dos Concelhos de Portugal podemos verificar que a carta é do Distrito de Évora, concelho de Mourão.

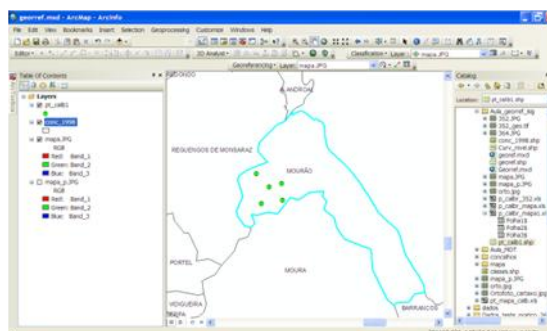


Figura 18 Pontos com as coordenadas em shapefile.

b) Definir pelo menos 4 pontos bem identificáveis na carta e na imagem a georreferenciar, neste caso a imagem a georreferenciar é a própria carta. Obter as coordenadas correspondentes aos pontos (Figura 19).

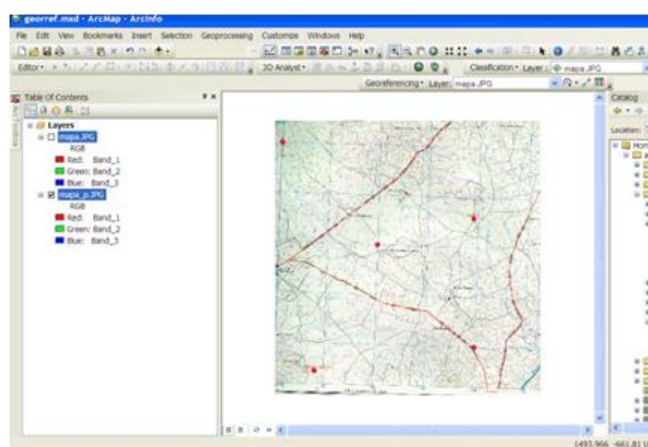


Figura 19 Tema com pontos de coordenadas conhecidas.

c) Construir um ficheiro no excel com as coordenadas (Figura 20).

	A	B	C
1	Ponto	X	Y
2	1	264930	150300
3	2	264160	154850
4	3	268038	153380
5	4	266125	152818
6	5	268123	150803
7			

Figura 20 Ficheiro de dados com as coordenadas dos pontos para georreferenciação.

d) Criar um ficheiro vectorial, Shapefile, com as coordenadas do ficheiro Excel, que pode ser obtido por dois caminhos:

i) No menu Catalog seleccionar o ficheiro Excel, na janela inferior surgem as várias folhas do ficheiro Excel. Seleccionar a que tem os dados e com o botão direito do rato **Create feature Class/From XY Table**. Surge uma janela, em que deverá seleccionar-se o campo das coordenadas X e adiciona-lo a X Field, e o das coordenadas Y e adicioná-lo ao Y Field, e indicar o nome do ficheiro e a pasta onde vai ser guardado em **Output/Specify output shapefile or feature class** (Figura 21).

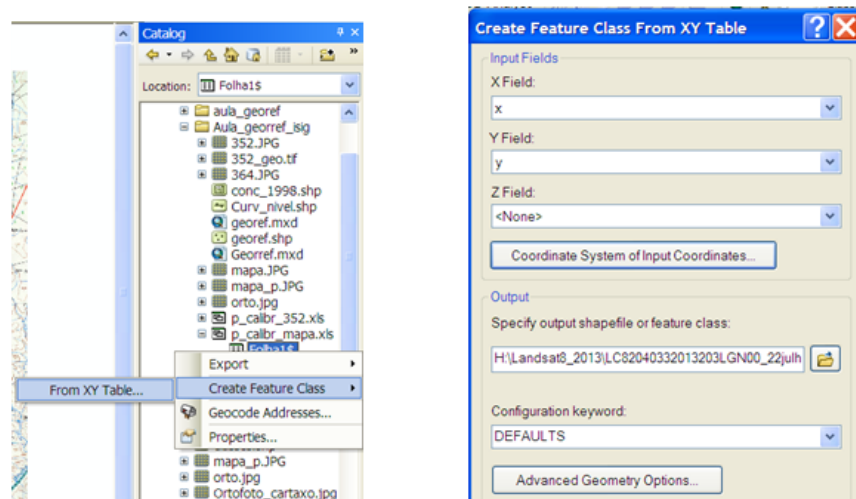


Figura 21 Criação de um tema vectorial a partir de um ficheiro com as coordenadas X e Y.

ii) File/Add data/Add XY data

Surge uma janela e com o explorador seleccionar o ficheiro e a folha que contém os dados e adiciona-lo no campo **Choose a table from the map por browser for another table**. Deverá então seleccionar-se o campo das coordenadas X e adiciona-lo a X Field, e o das coordenadas Y e adicioná-lo ao Y Field, e indicar o nome do ficheiro e a pasta onde vai ser guardado em **Output/Specify output shapefile or feature class**.

Em ambos os caminhos há que seleccionar o sistema de coordenadas clicando em **Coordinate System of Input Coordinates**, seguindo os passos descritos em 2.2.

O ficheiro shapefile, P_Calib.shp (formato vectorial em que o elemento é o ponto) é criado e surge automaticamente na janela do ArcCatalog e na dos Layers, como se pode observar na Figura 22. Dado que o ficheiro Mapa_p.shp não tem sistema de coordenadas atribuído vai localizar-se próximo das coordenadas (0,0), sendo difícil ver os dois temas, aparecem muitas vezes apenas dois pontos, correspondentes a cada um dos ficheiros.

Deve então visualizar-se o ficheiro P_Calib.shp, seleccionando-o e com a tecla direita do rato seleccionar **Zoom to layer** (Figura 22).

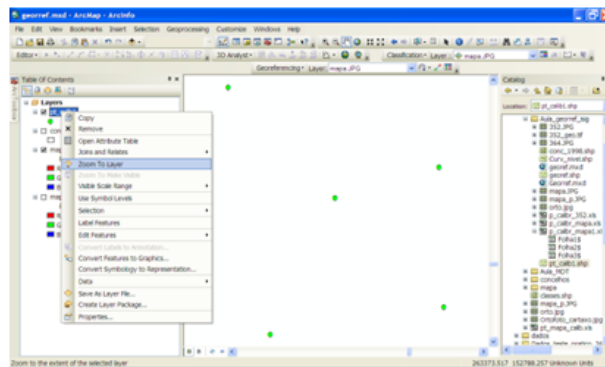


Figura 22 Ferramenta Zoom to Layer.

e) Na barra **Georeferencing**, seleccionar **Fit to display**, que sobrepõe, com alguns desvios o Mapa_p.jpg ao P_Calib.shp (Figura 23).

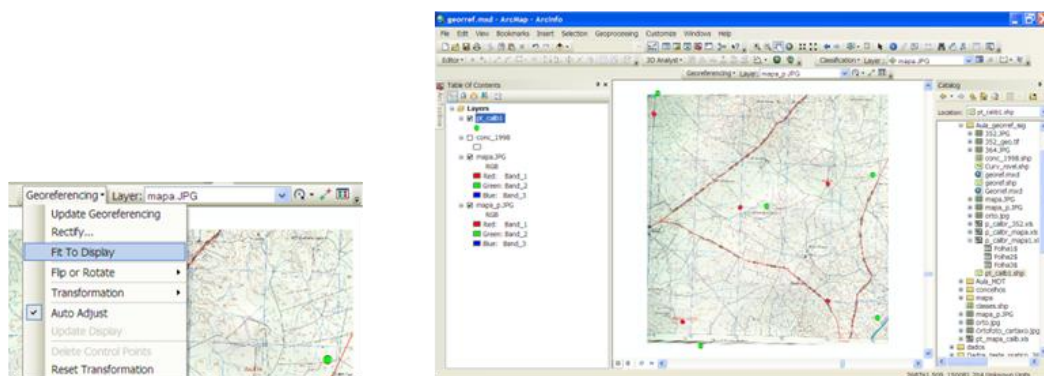
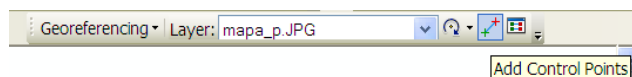


Figura 23 Ferramenta Fit to display.

f) Na barra **Georeferencing**, ajustar os pontos aos locais na imagem, seleccionando **Add Control points**. Este comando permite associar o ponto na carta ao ponto correspondente do ficheiro P_Calib.shp.



Nota: Na barra **Georeferencing**, no campo Layer tem de estar o ficheiro que se quer processar, neste caso a imagem da carta (e não a carta auxiliar, com os pontos indicados).

Para georreferenciar a carta deverá proceder do seguinte modo:

- i) Fazer zoom in para visualizar o centro de um ponto em Mapa_p.jpg e clicar em **Add Control points** e seguidamente nesse ponto.
- ii) Fazer zoom out e visualizar o ponto correspondente em P_Calib.shp e clicar no ponto. Os dois pontos são associados e coincidentes na imagem.
- iii) Repetir i) e ii) para os restantes pontos.

g) Deve verificar-se o erro associado.

Se na barra **Georeferencing**, se seleccionar **Link table** (Figura 24), surge uma nova janela em que consta a informação do par de pontos que foi associado, das coordenadas do ponto no ficheiro a georeferenciar (Mapa_p.jpg) e as coordenadas associadas ao sistema de georreferenciação (P_Calib.shp), assim como o valor do erro associado a cada ponto (residual).

Convém ainda analisar o erro total (**Total RMS Error**), que deve ser inferior a 0,5mm à escala da carta, o que à escala 1:25000 corresponde a 12,5m. Caso algum ponto tenha um erro associado muito elevado poderá eliminá-lo e voltar a introduzi-lo.

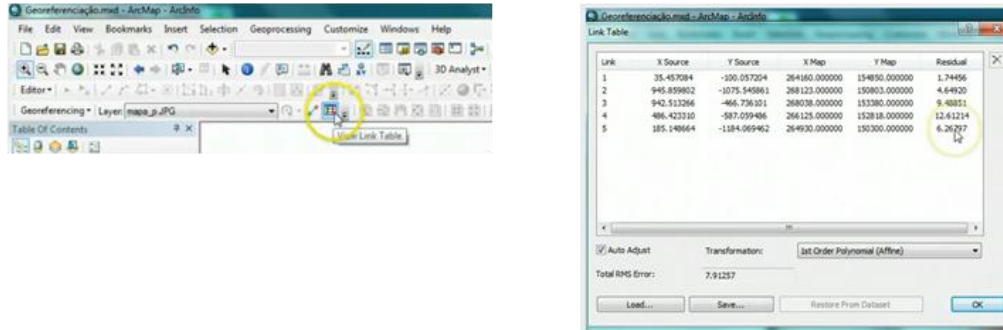


Figura 24 Análise do erro da georreferenciação.

h) Obter a nova carta georreferenciada: seleccionando em **Georeferencing** a opção **update Georeferencing**, criando um novo ficheiro com a extensão JGW, que deve estar sempre associado ao ficheiro Mapa_p.jpg.

i) Obter nova imagem já com as coordenadas correctas.

Na barra de opções **Georeferencing**, seleccionar a opção **Rectify** (Figura 25). Indicar as características da nova imagem, como o tamanho do píxel (na unidade de trabalho - metros), algoritmo de interpolação, pasta onde o novo ficheiro vai ser gravado, nome do ficheiro (ex. Mapa_rect.tif) e formato (TIFF).

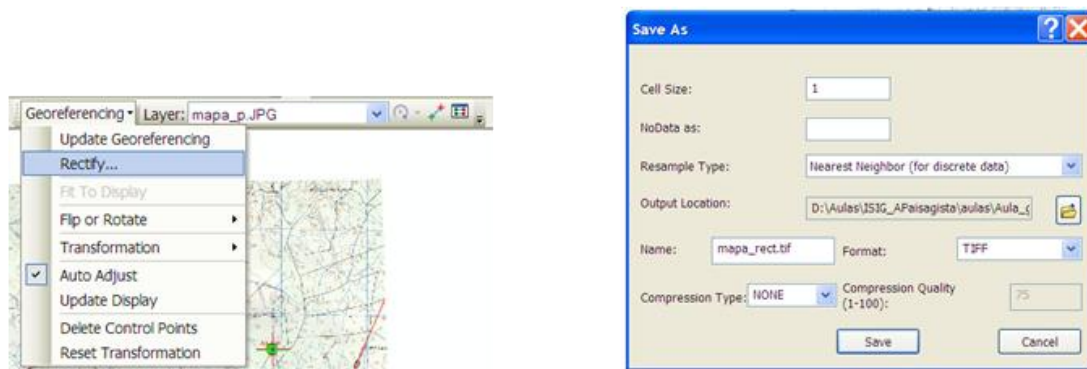


Figura 25 Ferramenta Rectify.

4.2 Criação de ficheiros em formato vectorial

4.2.1 Digitalização de elementos gráficos (pontos, linhas e polígonos)

Com o ArcGis é possível proceder à digitalização de elementos gráficos, a partir de ficheiros de imagem, devendo seguir-se os seguintes passos:

a) Criar na janela Catalog um ficheiro novo: seleccionar a pasta onde se quer criar o ficheiro e com tecla direita do rato **New/Shapefile**. Surge uma nova janela em que se deve definir o nome do ficheiro, o tipo (point, polygon ou polyline) e sistema de projecção (Figura 26).

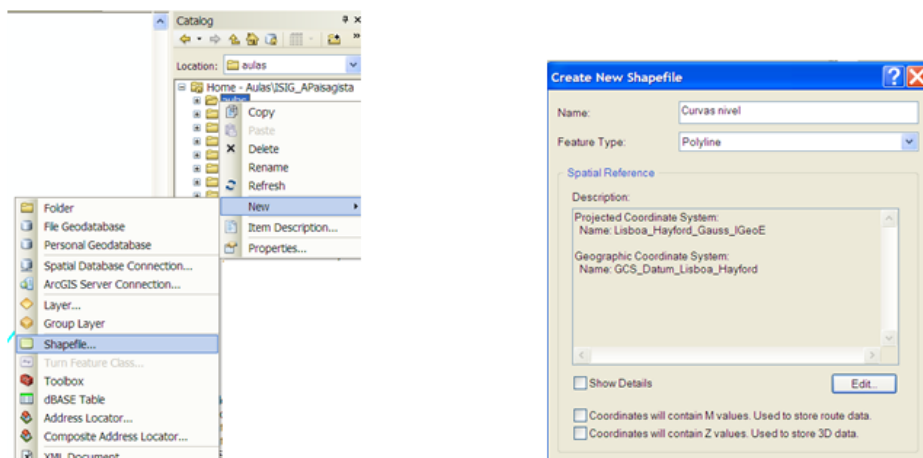


Figura 26 Criação de um ficheiro vectorial.

Simultaneamente é construída uma tabela de atributos, onde se pode colocar todo o tipo de informação associada a cada elemento que se está a digitalizar.

b) Activar a barra de ferramentas **Editor**



c) Seleccionar o ficheiro que se pretende editar seleccionando-o na janela dos layers.

d) Na barra de ferramentas **Editor**, seleccionar **Editor/Start editing** (Figura 27). Surge uma nova janela em que se deve seleccionar o ficheiro a editar e OK.

e) No Catalog aparece uma nova janela **Create Features**, onde na arte superior está o nome do ficheiro e seleccionando-o na parte inferior surge o tipo de elemento a digitalizar (no ex. são Linhas).

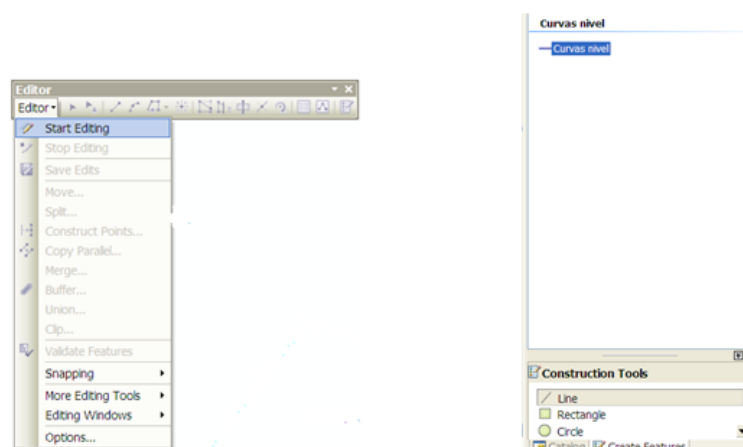


Figura 27 Ferramenta Start Editing.

f) Vectorização de pontos

Seleccionar o tema na parte superior e o tipo de elemento (**Point**) na parte inferior da janela **Create Features**, e clicar no ponto do ficheiro de imagem que se pretende digitalizar. Na tabela de atributos é criada uma linha correspondendo ao ponto que deverá ser preenchida após a sua digitalização (Cfr. 4.2.2). O procedimento será repetido tantas vezes quantos os pontos a digitalizar.

g) Vectorização de linhas

Seleccionar o tema na parte superior e o tipo de elemento (**Line**) na parte inferior da janela **Create Features**, e desenhar a linha clicando em pontos sucessivos. Para terminar a linha deverá clicar duas vezes. Na tabela de atributos é criada uma linha que deverá ser preenchida após a digitalização da linha (Cfr. 4.2.2). O procedimento será repetido tantas vezes quantas as linhas a digitalizar.

Nota: sempre que existam bifurcações nas linhas deverá ser deixado um “nó”, de modo a que as duas ou mais linhas se interceptem no nó.

h) Vectorização de polígonos

Seleccionar o tema na parte superior e o tipo de elemento (Polygon, Rectangle, Circle, Ellipse), o mais frequente é seleccionar-se Polygon, na parte inferior da janela **Create Features**, e desenhar o polígono clicando em pontos sucessivos. Para terminar o polígono deverá clicar duas vezes. Na tabela de atributos é criada uma linha que deverá ser preenchida após a digitalização do polígono (Cfr. 4.2.2). O procedimento será repetido tantas vezes quantos os polígonos a digitalizar.

Nota: na digitalização de polígonos contíguos deverão seleccionar-se os nós do primeiro polígono para desenhar a fronteira contígua aos dois.

Na barra **Editor**, a ferramenta **Edit Vertices** permite editar os vértices e corrigir pequenos erros que se possam ter feito na digitalização, seleccionando o nó e arrastando-o para o local correcto.

4.2.2. Construção de uma tabela de atributos

A tabela de atributos (Figura 28) é construída automaticamente à medida que se digitaliza algum elemento gráfico, no entanto tem apenas os campos definidos por defeito, ou seja FID, Shape e Id. Para se associar mais informação devem ser adicionados mais campos.

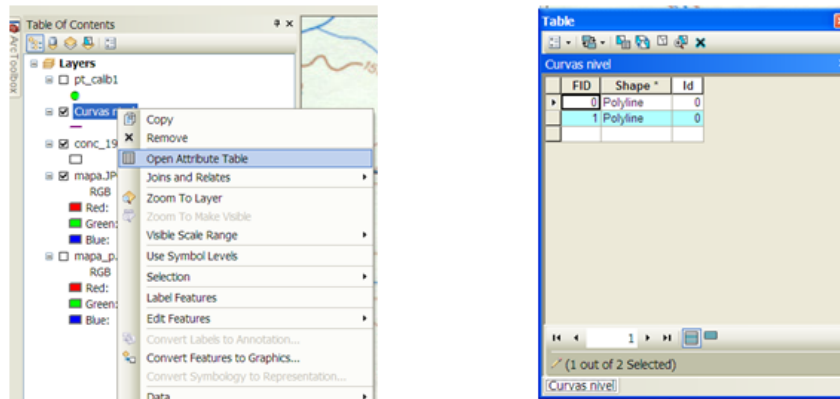


Figura 28 Tabela de atributos.

No presente exemplo, digitalização de curvas de nível, tem de se associar o valor da respectiva cota à linhas (curva de nível) que se está a digitalizar. O campo Id é editável, permitindo colocar o valor da cota, no entanto podem-se criar todos os campos que se pretenderem. Para criar novos campos teremos de parar o processo de edição **EDITOR / Stop Editing**.

Para a criação de um novo campo na tabela de atributos deve proceder-se do seguinte modo (Figura 29):

- Abrir a tabela de atributos
- Seleccionar **Table options / Add field**, surge uma nova janela em que se devem preencher os campos:

Name – nome da coluna

Type – tipo de variável

Short integer – número inteiro relativamente grande

Long integer – número inteiro muito grande

Float – número real, em que **precision** é o número máximo de dígitos que o número pode ter e **scale**, o número de dígitos correspondentes ao número de casas decimais

Double – número real com precisão muito elevada

Text – permite adicionar descritores de texto

Date - permite adicionar descritores de data

Exemplo: Campo – **Cota**

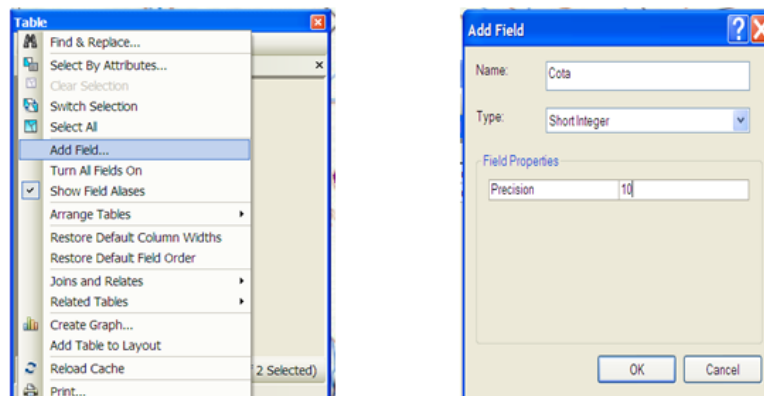



Figura 29 Adição de um campo na tabela de atributos.

Com o novo campo na tabela de atributos, activar de novo o modo Edição **EDITOR/Start Editing**.
Seleccionar o elemento ao qual se vai associar o valor de cota:

- para seleccionar o elemento gráfico  ou na tabela de atributos seleccionar o registo (Figura 30).

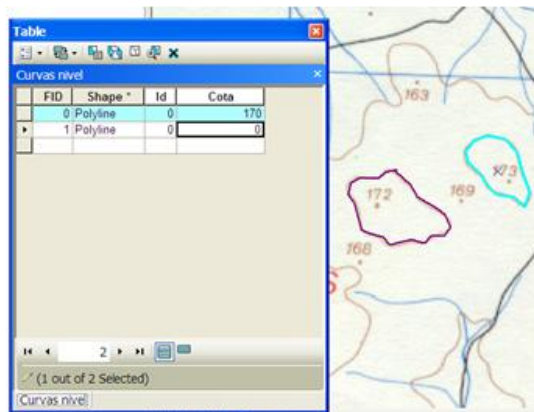


Figura 30 Selecção de um elemento na tabela de atributos e inserção de um registo

Da mesma forma podem-se adicionar campos de texto, por exemplo atribuir nome a polígonos que delimitam unidades administrativas.

Podem ainda adicionar-se colunas à base de dados que permitam calcular por exemplo a área, o perímetro, a coordenada X, a coordenada Y, a coordenada do centróide de um polígono (x,y), a coordenada de fim ou do meio de uma linha. Estes cálculos podem ser efectuados seleccionando a coluna em que se pretende fazer o cálculo (toma a cor azul claro), com o botão direito do rato a opção **Calculate Geometry** e em **Property** a variável que se pretende calcular e em **Units** as unidades (Figura 31).

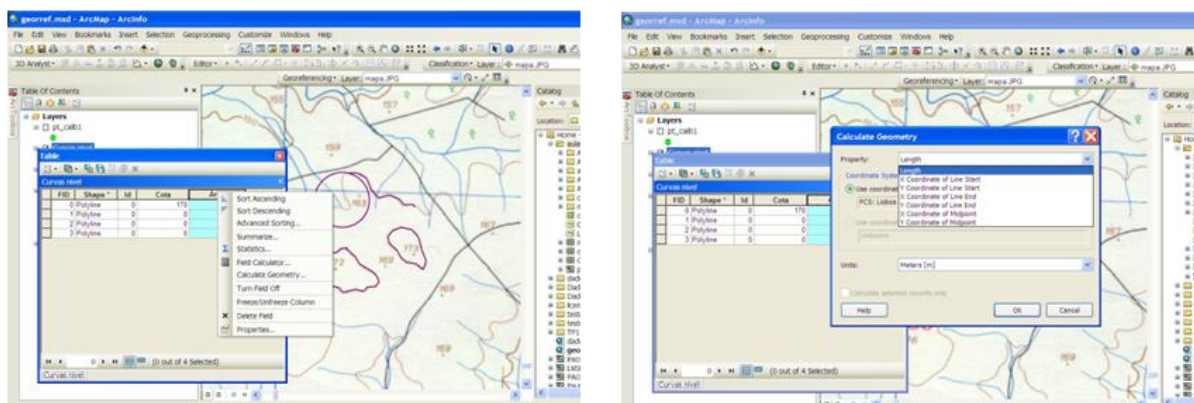


Figura 31 Cálculo de variáveis na tabela de atributos.

4.2.3. Edição de ficheiros em formato vectorial

Cada elemento gráfico é constituído por vértices, que são editáveis (Figura 32), com o botão do lado direito do rato, aquando da digitalização ou do elemento gráfico já digitalizado, e seleccionado permite apagar vértices, mover etc....

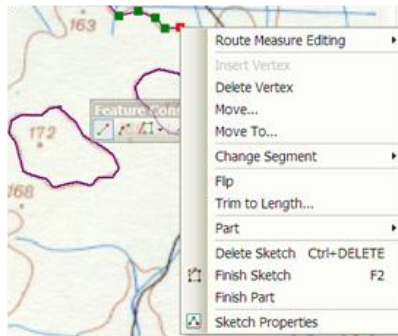


Figura 32 Edição de vértices em formato vectorial.

4.3 Exercícios de aplicação

4.3.1 Exercício 1

Efectue a georeferenciação e vectorização de elementos da carta militar nº 459 (ficheiro carta_Mitra_459.jpg).

- a) Georreferencie a carta considerando as coordenadas dos seus 4 cantos, que o sistema de coordenadas é Lisboa_Hayford_Gauss_IGeoE e que as coordenadas (em m):

Canto inferior esquerdo - 200000,170000

Canto superior direito - 216000, 180000

- b) Sobre a carta georeferenciada construa um polígono limite rectangular em formato vectorial (shape) com as seguintes coordenadas (em m);

Canto inferior esquerdo (205325, 175396);

Canto superior direito (209346, 177349).

- c) Efectue os seguintes trabalhos de vectorização:

Temas referentes à entidade altimetria (pontos cotados e curvas de nível);

Tema(s) referente(s) à entidade água (linhas de água, linhas de fecho e albufeiras);

Tema(s) referente(s) à entidade vias (caminhos rurais, estradas);

Tema referente a áreas sociais;

Tema referente à toponímia do local.

4.3.2 Exercício 2

Efectue a georeferenciação e vectorização de elementos da carta militar nº 438 (438_3.tif).

a) Georreferencie, a carta no sistema de coordenadas é Lisboa_Hayford_Gauss_IGeoE, a partir de 5 pontos, considerando as coordenadas dos seguintes pontos (em m):

Ponto inferior esquerdo – 216537,195292

Ponto superior direito - 222537,199292

Ponto central – 219537,197292

b) Efectue os seguintes trabalhos de vectorização:

Temas referentes à entidade altimetria (pontos cotados e curvas de nível);

Tema(s) referente(s) à entidade água (linhas de água, linhas de festo e albufeiras);

Tema(s) referente(s) à entidade vias (caminhos rurais, estradas);

Tema referente a áreas sociais;

Tema referente à toponímia do local.

4.3.3 Exercício 3

Efectue a georeferenciação e vectorização de elementos da carta do exercício 3 (Ex_3.tif).

a) Georreferencie, a carta no sistema de coordenadas é Lisboa_Hayford_Gauss_IGeoE, a partir de 4 pontos, que definem um rectângulo considerando que a coordenada do ponto inferior esquerdo é (216533, 195292), que o ponto inferior direito dista do inferior esquerdo 6 km e o superior esquerdo dista do inferior esquerdo 4 km.

b) Efectue os seguintes trabalhos de vectorização:

Temas referentes à entidade altimetria (pontos cotados e curvas de nível);

Tema(s) referente(s) à entidade água (linhas de água, linhas de festo e albufeiras);

Tema(s) referente(s) à entidade vias (caminhos rurais, estradas);

Tema referente a áreas sociais;

Tema referente à toponímia do local.

5. Operações de análise a 3D e análise espacial

Para a criação do Modelo Digital do Terreno, MDT, e superfícies derivadas é necessário activar as barras de ferramentas: **3D Analyst** e **Spatial Analyst**.

5.1 Modelo digital do terreno

Considere-se o exemplo em que para uma determinada zona se têm os temas pontos cotados (pontcota.shp), curvas de nível (curnivel.shp), linhas de água (linhash2o.shp), vias de comunicação (viascom.shp), limite (limite.shp) e povoações (povoacoes.shp). Para elaborar o modelo digital do terreno deve (Figura 33):

- 1) criar-se um projecto e adicionar os temas à layer (Cfr. 2);
- 2) no ArcToolbox seleccionar **3D Analyst Tools/TIN Management/Create TIN**, surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Output TIN – nome do ficheiro;

Input Feature Class – adicionar os ficheiros e seleccionar no campo **height field** a coluna da tabela de atributos de cada tema que tem dados de cotas, ou caso não exista seleccionar <none>; e no campo **SF_type** a característica da superfície, que neste exemplo:

Tema	height field	SF_type
pontos cotados	ID	masspoint
curvas de nível	ID	softline
linhas de água	<none>	hardline
vias de comunicação	<none>	softline ou hardline
Limite*	<none>	hardclip

* polígono que delimita a área de estudo

Nota: o termo TIN (*triangulated irregular network*) representa o algoritmo de interpolação de cotas mais utilizado.

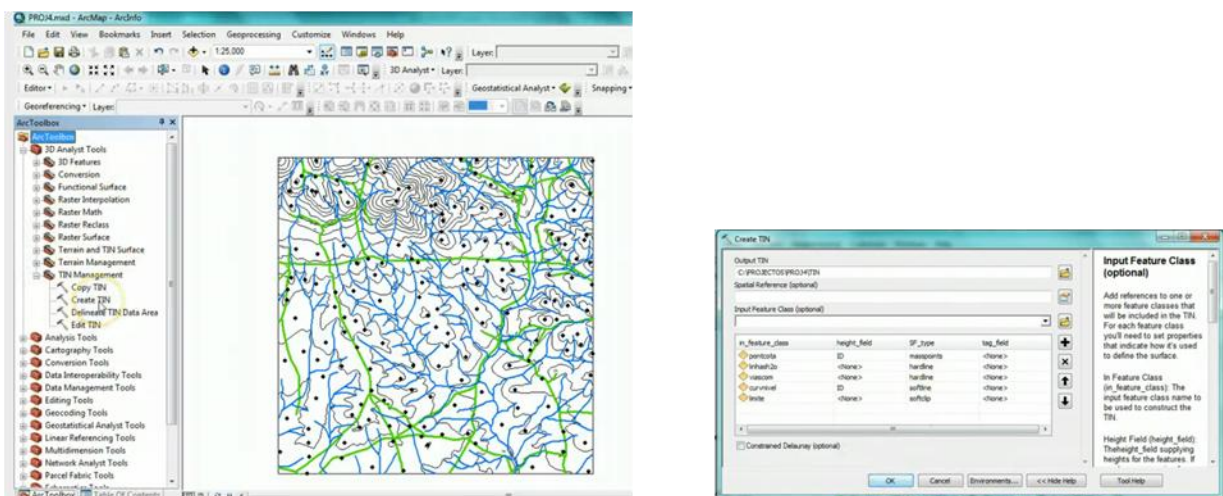


Figura 33 Criação de um TIN.

Pressionar OK e surge na layer um novo tema vectorial, o TIN (Figura 34).

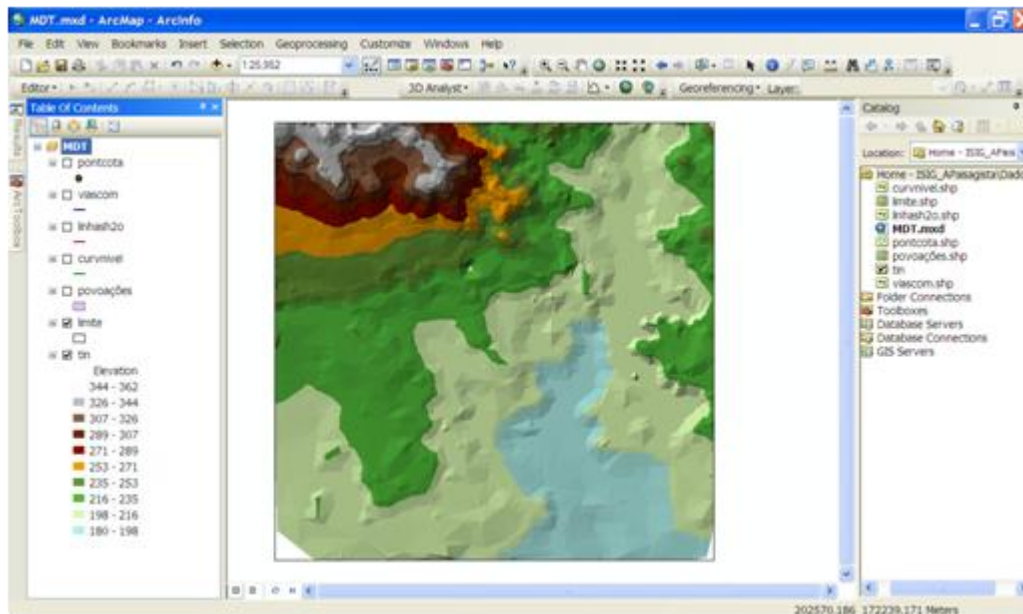


Figura 34 Modelo digital do Terreno no formato TIN com a sua legenda.

4) Para o cálculo do modelo digital do terreno no ArcToolbox seleccionar **3D Analyst Tools/Conversion/From TIN/TIN to Raster**, surge uma nova janela, em que se preenchem os campos (Figura 35):

Input TIN – o TIN criado em 3);

Output Raster – nome do ficheiro a gerar

Output Data Type – Float

Method – Linear

Sampling Distance – CELLSIZE X, sendo x a dimensão da célula, que depende a precisão que se pretende obter, neste exemplo 5 m.

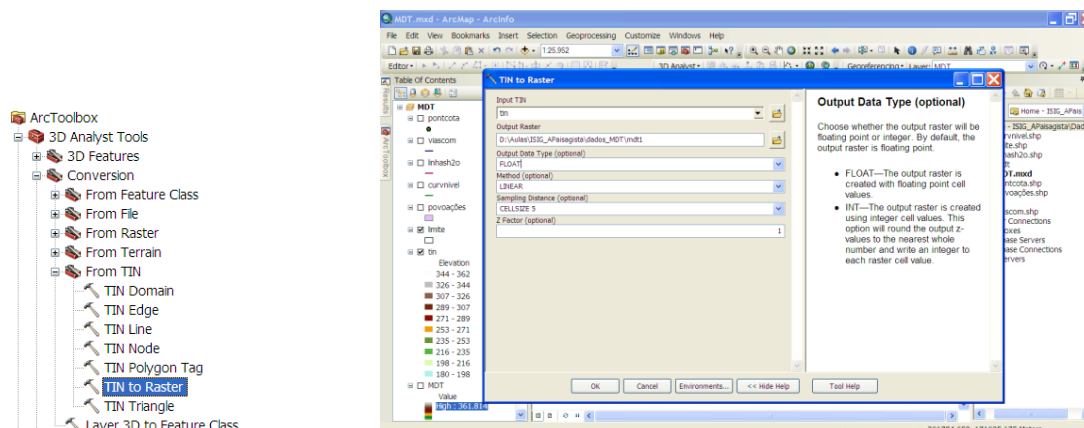


Figura 35 Conversão de um TIN em raster.

É criado um novo tema matricial (Figura 36).

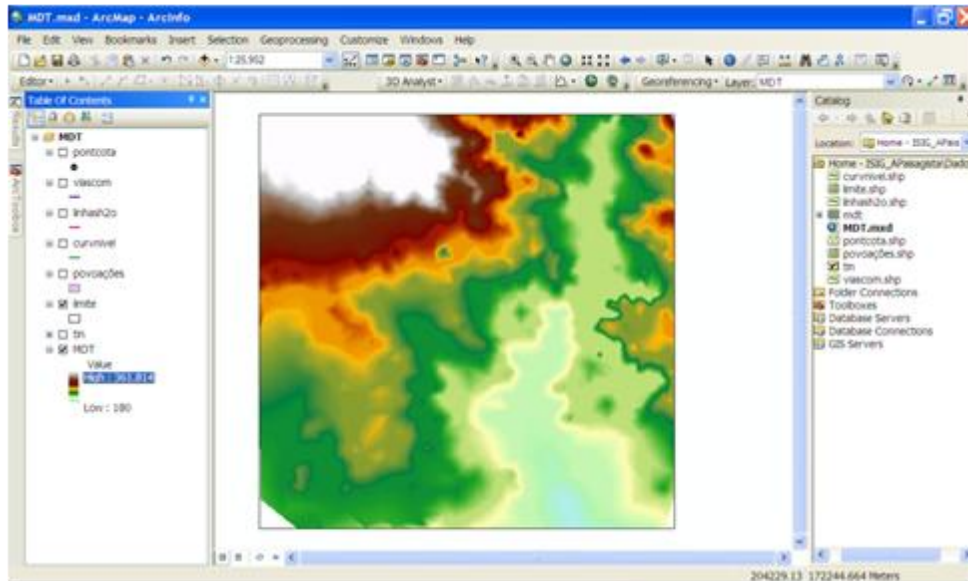


Figura 36 Modelo digital do Terreno em formato *raster* /greilha/quadrícula (área da célula 25m²).

5.2 Superfícies derivadas do modelo digital do terreno

Nas superfícies derivadas do modelo digital do terreno podem considerar-se as curvas de nível (**Contour**) o declive (**Slope**), a orientação de encostas (**Aspect**), o ensombramento (insolação) de encostas (**Hillshade**), a bacia de Visão (**Viewshade**) e a distância (**Distance**).

Nota: Antes de iniciar qualquer destes procedimentos deverá verificar se a área de trabalho está definida com o tema limite (delimita a área de estudo, as operações que se fizer restringem-se apenas à área indicada), clicando na tecla direita do rato **Environments/Processing Extent/Extent** seleccionando depois o tema limite.

Para gerar um tema de curvas de nível deve (Figura 37):

- 1) seleccionar o tema modelo digital do terreno (formato grid)
- 2) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Surface/Contour**, surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input raster – adicionar o tema do modelo digital do terreno

Output polyline features – dar nome a ficheiro a gerar

Contour interval – equidistância natural das curvas de nível, por exemplo 1 m

Base contour – valor base das cotas, ou seja o menor valor de cota. Por defeito aparece 0, mas se as cotas variarem entre 180 m e 500 m, pode optar-se por colocar 180.

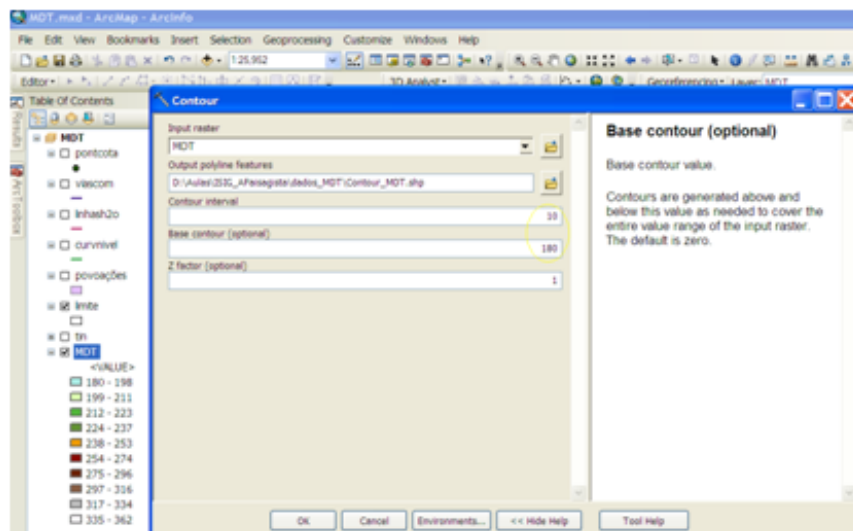


Figura 37 Janela para o cálculo das curvas de nível (Contour).

É gerado um novo tema vectorial com as curvas de nível (Figura 38).

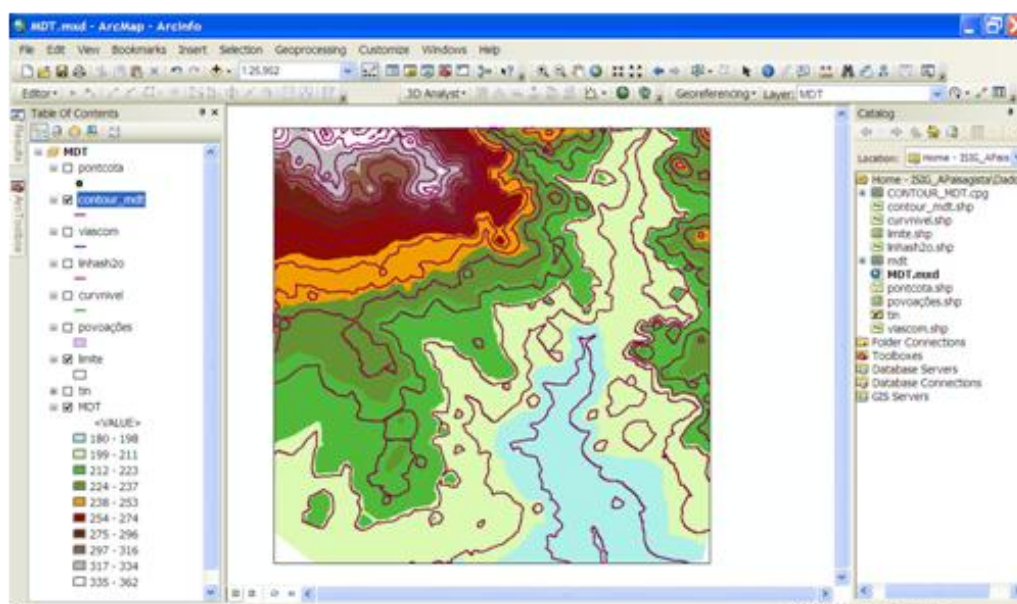


Figura 38 Modelo digital do terreno e curvas de nível.

Para gerar um tema de declives deve:

- 1) seleccionar-se o tema modelo digital do terreno (formato grid)
- 2) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Surface/Slope**, surge nova janela, em que se preenchem os campos (Figura 39):

Input raster – adicionar o tema do modelo digital do terreno

Output polyline features – dar nome a ficheiro a gerar

Output measurement – seleccionar o cálculo em percentagem (**PERCENT_RISE**) ou graus (**DEGREE**)

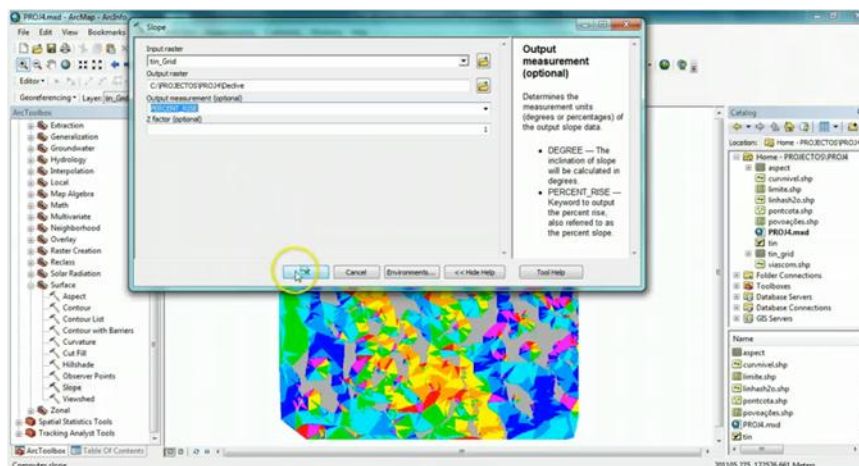


Figura 39 Janela para o cálculo do declive (Slope).

É gerado um novo tema matricial (Figura 40), com a mesma dimensão de célula do modelo digital do terreno.

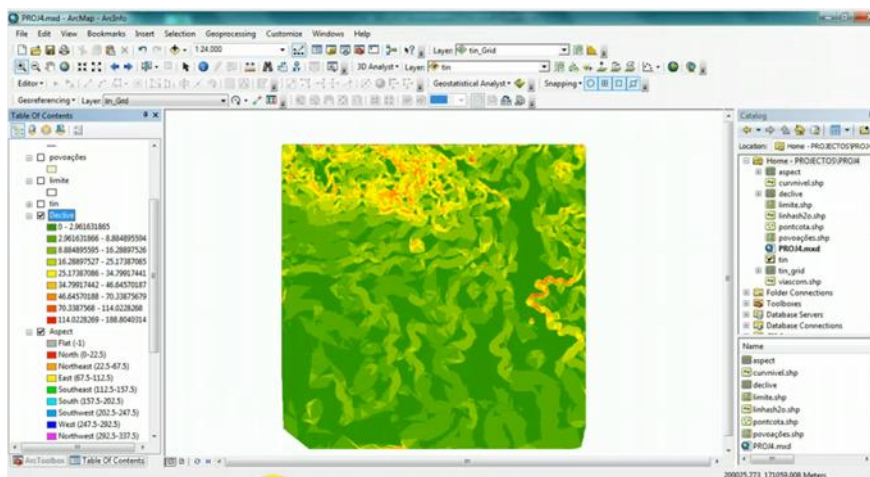


Figura 40 Tema declive.

Para gerar um tema de orientação das encostas deve (Figura 41):

- 1) seleccionar-se o tema modelo digital do terreno (formato grid)
- 2) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Surface/Aspect**, surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input raster – adicionar o tema do modelo digital do terreno

Output polyline features – dar nome a ficheiro a gerar

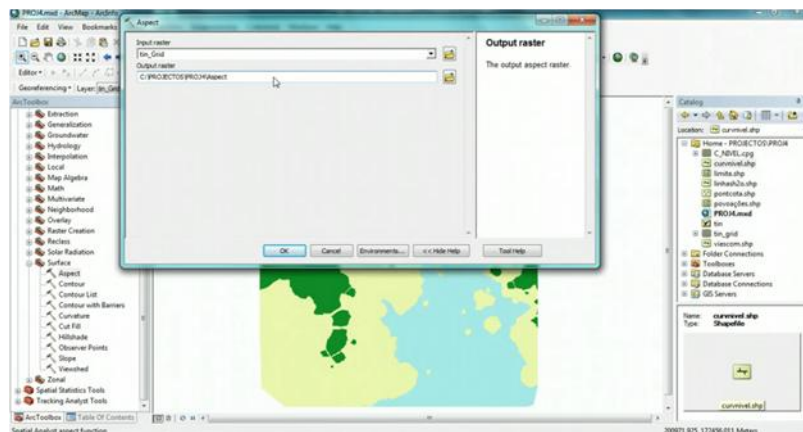


Figura 41 Janela para o cálculo das orientações (Aspect).

É gerado um novo tema matricial (Figura 42), com a mesma dimensão de célula do modelo digital do terreno.

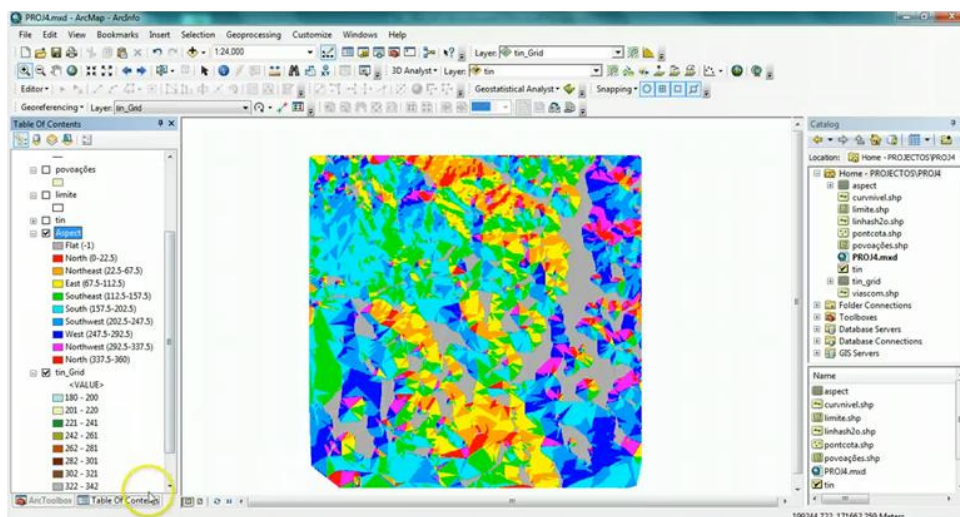


Figura 42 Tema orientação de encostas.

O tema orientação das encostas (Figura 43) é apresentando com uma legenda em nove classes, Flat com valor -1, para células planas, ou seja células com atributo 0° , e as restantes em função dos pontos cardeais:

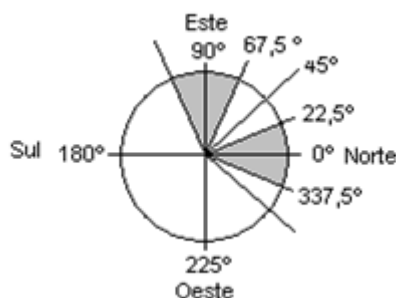


Figura 43 Intervalos de definição da orientação das encostas por pontos cardeais.

No entanto para além da orientação exacta de cada ponto cardinal, há um intervalo de $22,5^\circ$ para cada lado do respectivo ponto cardinal, como está indicado na tabela seguinte.

Ponto cardeal	Valor
North	0 - 22,5; 337,5 - 360
Northeast	22,5 - 67,5
East	67,5 - 112,5
Southeast	112,5 - 157,5
South	157,5 - 202,5
Southwest	202,5 - 247,5
West	247,5 - 292,5
Northwest	292,5 - 337,5

O ensombramento das encostas permite estimar as encostas ao sol ou à sombra a uma determinada hora, ou seja com o sol com determinado azimute e altitude (Figura 41). Para gerar um tema de ensombramento das encostas (Figura 44) deve:

- 1) seleccionar o tema modelo digital do terreno (formato grid)
- 2) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Surface/Hillshade**, surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input raster – adicionar o tema do modelo digital do terreno

Output raster – dar nome a ficheiro a gerar

Azimuth – seleccionar um valor entre 0 a 360°, por exemplo 180°

Altitude – seleccionar um valor entre 0 a 90°, por exemplo 45°

Model shadows – **Activo** – são considerados os locais com ângulos de iluminação e de sombra

Desactivo – só são considerados os locais com ângulos de iluminação

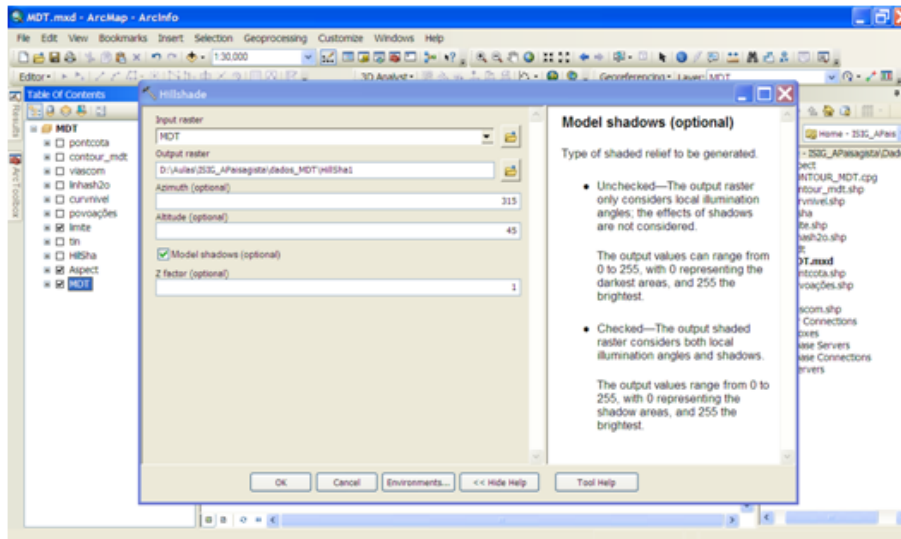


Figura 44 Janela para o cálculo das zonas de ensombramento (Hillshade).

É gerado um novo tema matricial (Figura 45), com a mesma dimensão de célula do modelo digital do terreno.

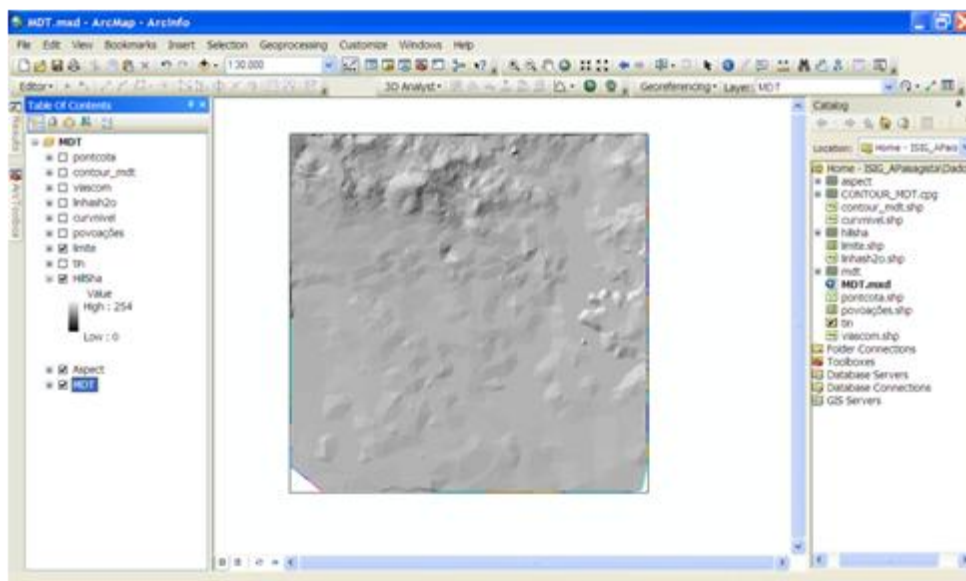


Figura 45 Tema de ensombramento

A bacia de visão permite obter a área visível a partir de um ponto. Para gerar um tema de bacia de visão das encostas deve:

- 1) seleccionar o tema modelo digital do terreno (formato grid)
- 2) Criar um novo layer com um ponto que represente o local de observação para o cálculo da área de visão (Cfr. 4.2). No exemplo seguinte o ponto de observação é colocado na região mais alta da área de estudo (Figura 46).
- 3) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Surface/Viewshed**, surge nova janela, em que se preenchem os campos (Figura 47):

Input raster – adicionar o tema do modelo digital do terreno

Input point or polyline observed features – shapefile com o ponto de observação

Output raster – dar nome a ficheiro a gerar

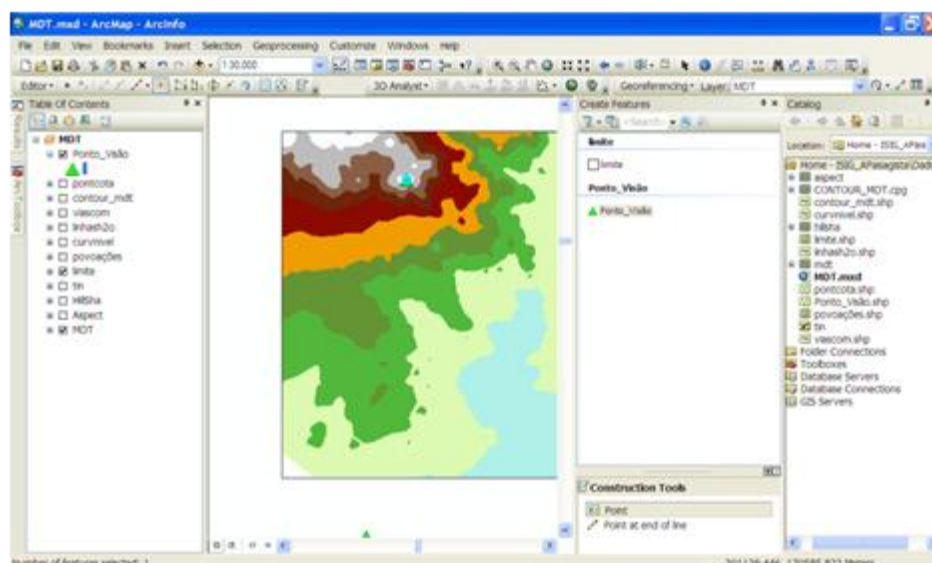


Figura 46 Definição do ponto de observação para cálculo da bacia de visão.

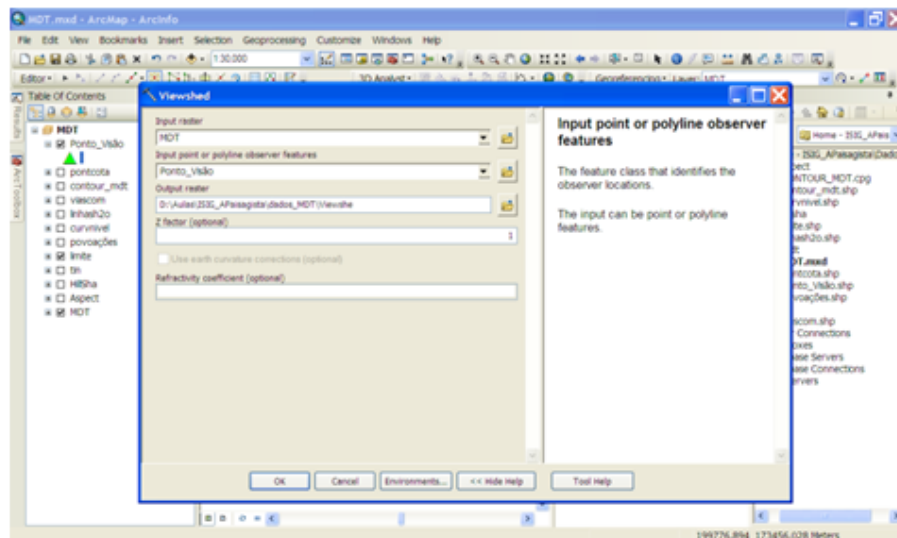


Figura 47 Janela para o cálculo da bacia de visão a partir de um ponto de observação (Viewshed).

Obtém-se a área de visão a partir do local indicado (Figura 48).

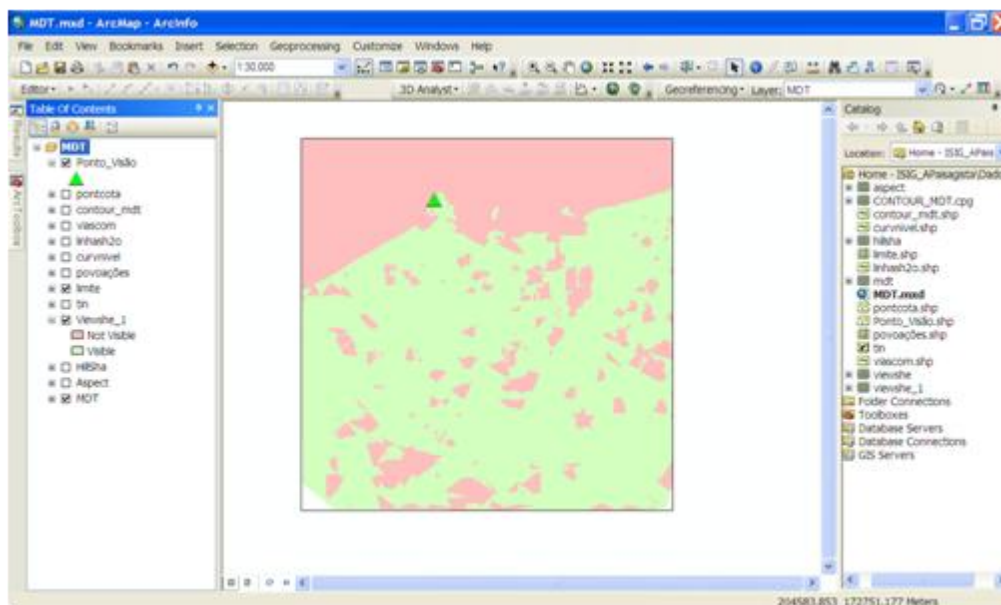


Figura 48 Tema da bacia de visão a partir de um ponto de observação.

Todos estes temas podem também ser criados, respectivamente em:

Declive – **3D Analyst Tools/raster Surface/Slope**

Orientação – **3D Analyst Tools/raster Surface/Aspect**

Ensombreamento das encostas – **3D Analyst Tools/raster Surface/Hillshade**

Bacia de visão – **3D Analyst Tools/raster Surface/Viewshed**

Para calcular a distância a partir de um elemento (Figura 49), neste exemplo – distância às linhas e água:

- 1) seleccionar o tema que representa as linhas de água (linhash2o.shp)
- 2) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Distance/Euclidean Distance**, surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input raster or feature source data – adicionar o tema em que se pretende calcular a distância, por exemplo linhas de água ou vias de comunicação,

Output distance raster – dar nome a ficheiro a gerar,

Output cell size – CELLSIZE X, sendo x a dimensão da célula, que depende a precisão que se pretende obter, neste exemplo 5 m.

Nota: o tamanho da célula ou píxel num projecto deve ser sempre o mesmo.

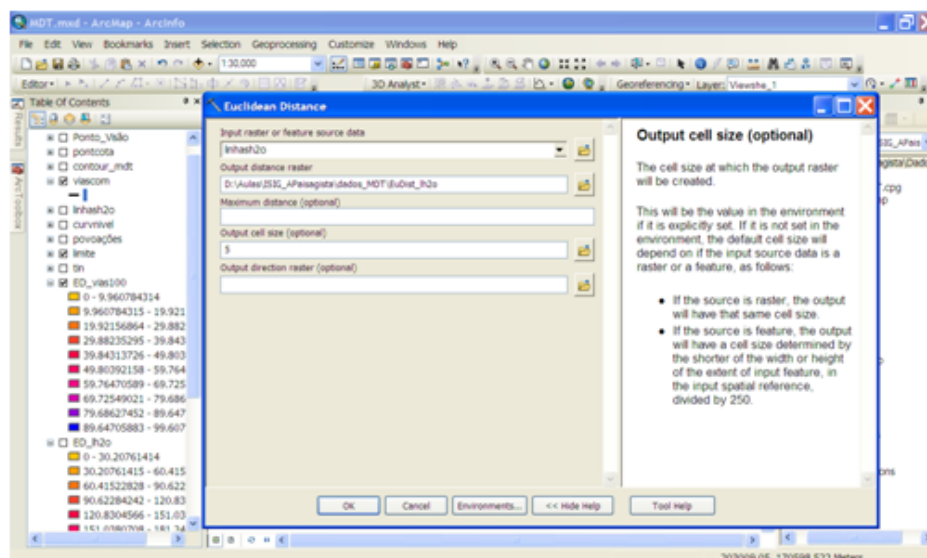


Figura 49 Janela para o cálculo da distância até ao limite da área de trabalho (Distance/Euclidean Distance).

Obtém-se o tema distância às linhas de água (Figura 50). Da mesma forma pode gerar-se o tema distância às estradas (Figura 51) a partir do tema estradas (viascom.shp).

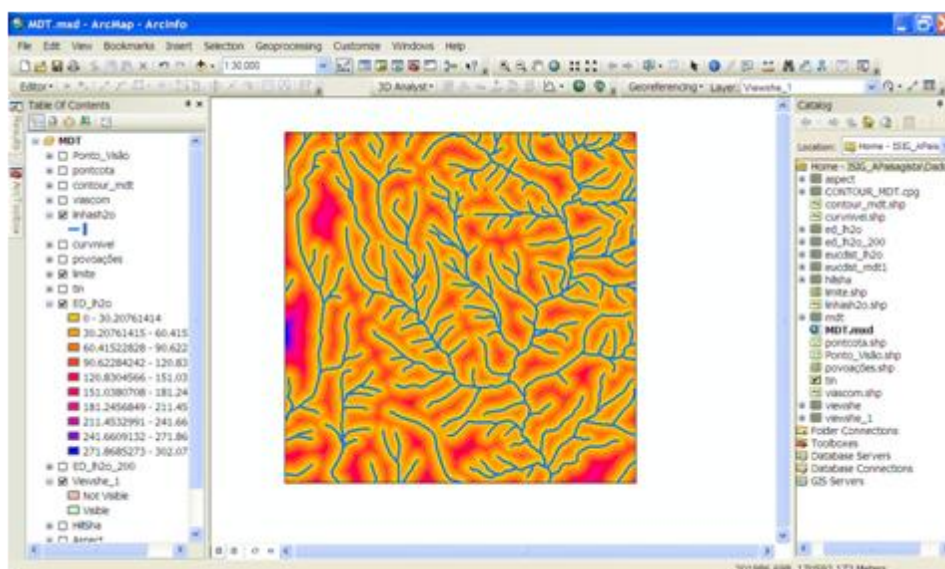


Figura 50 Tema das distâncias às linhas de água até ao limite da área em estudo.

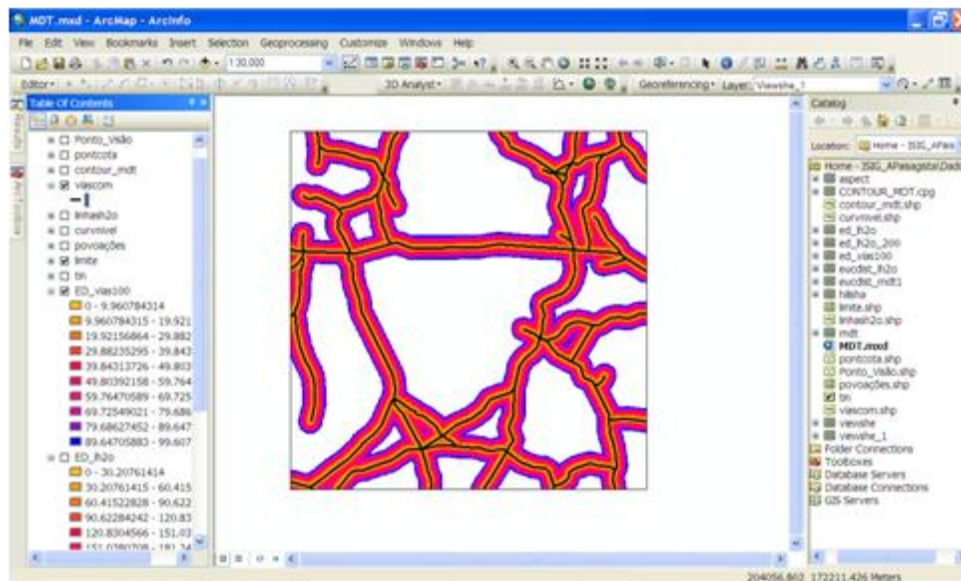


Figura 51 Tema das distâncias às estradas (distância calculada para cada célula por um limite de 100m).

5.3 Exercícios de aplicação

Efectue os seguintes temas:

- 1 – TIN da altimetria (nome: TIN)
- 2 – MDT em formato quadricular, com resolução de 5 m (nome: MDT5), com resolução de 10 m (nome: MDT10) e com resolução de 25 m (nome: MDT25).
- 3 – Tema declive, com resolução de 5 m (nome: DEC5), com resolução de 10 m (nome: DEC10) e com resolução de 25 m (nome: DEC25).
- 4 – Tema orientação de encostas, com resolução de 5 m (nome: ASPECT5), com resolução de 10 m (nome: ASPECT10) e com resolução de 25 m (nome: ASPECT25).
- 5 – Tema ensombramento de encostas, com resolução de 5 m (nome: HILLSHADE5), com resolução de 10 m (nome: HILLSHADE10) e com resolução de 25 m (nome: HILLSHADE25).
- 6 – Tema bacia de visão, com resolução de 5 m (nome: VIEWSHED5), com resolução de 10 m (nome: VIEWSHED 10) e com resolução de 25 m (nome: VIEWSHED 25).
- 7 – Tema distância, com resolução de 5 m (nome: DIST5), com resolução de 10 m (nome: DIST10) e com resolução de 25 m (nome: DIST25)

Indique as diferenças que existem em função da resolução usada.

Utilize os ficheiros da pasta (sistema de coordenadas Lisboa_Hayford_Gauss_IGeoE):

- a) TIN_derivadas_A.
- b) TIN_derivadas_B.
- c) TIN_derivadas_C.

6 Operações espaciais

6.1 Reclassificação e álgebra de mapas

Os temas matriciais são frequentemente funções contínuas de difícil interpretação, em que nas propriedades de visualização se apresenta por defeito **Stretched (Layer Properties/Symbology)**. Por isso, muitas vezes se opta por visualizar estes temas com os valores agrupados em classes, **Classified (Layer Properties/Symbology)**. Esta forma de representação não é uma reclassificação, mas antes uma visualização em classes.

A reclassificação de temas matriciais implica que os valores de uma dada variável sejam distribuídos em grupos e os píxeis com valores em cada classe, pela operação de reclassificação tomem um novo valor, perdendo-se a informação anterior, e dando origem a um tema com várias classes discretas.

Os temas podem ser reclassificados seleccionando **Spatial Analyst Tools/Reclass/Reclassify** (Figura 52), surge nova janela, selecciona-se **Classify** e na janela que aparece, selecciona-se o número de classes (**Classes**) e em **Break values** colocam-se os limites superiores da cada classe (Figura 53). *Nota:* para alterar o valor no campo Classes é necessário que o **Method** seleccionado não seja o **Manual**.

Após a definição das classes, os valores surgem na janela **Reclassify**, em que nos **Old values** se encontram os limites das classes e em **New values** os novos valores que vão ser atribuídos a cada píxel. O tema resultante surge após se pressionar OK (não esquecer de colocar o nome do ficheiro em **Output raster**). A informação contínua do tema de entrada desaparece, apresentando o novo tema apenas os valores resultantes da coluna New values (que facilmente se observa na tabela de atributos). Refira-se que se deverá ter em atenção a conversão dos valores das classes para os novos valores. Pode ainda no tema resultante da reclassificação adicionar-se uma coluna de texto com os intervalos das classes (Old values).

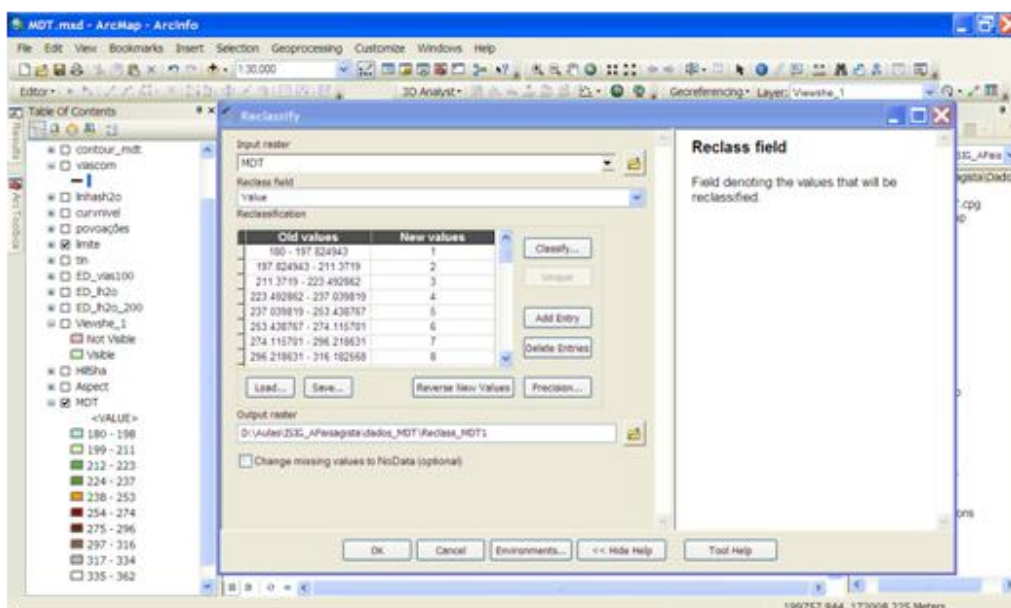


Figura 52 Ferramenta Reclassify.

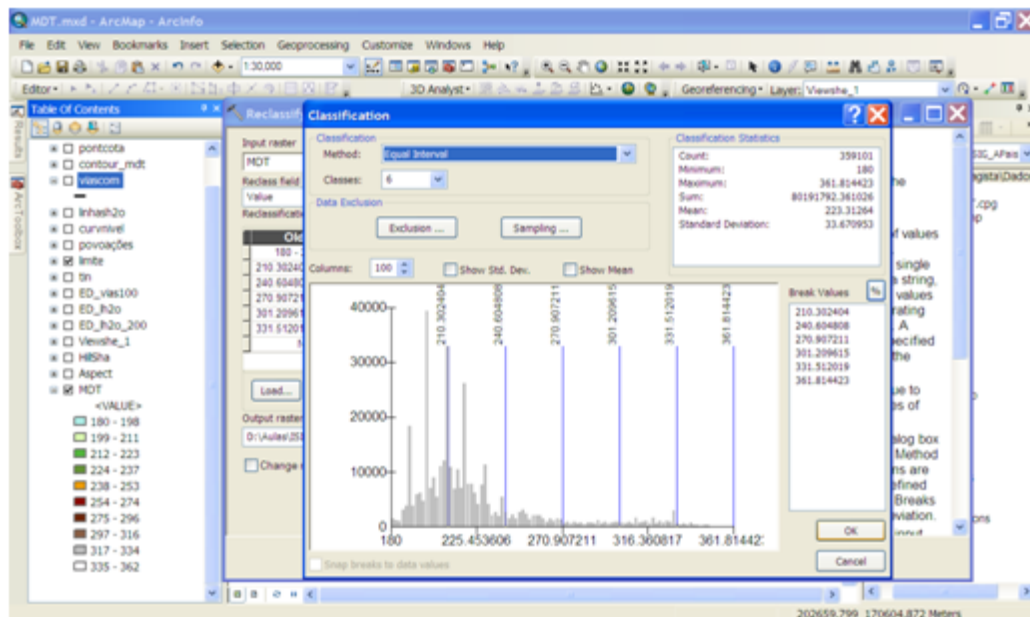


Figura 53 Definição das classes (no presente exemplo: 6 classes com intervalos iguais).

Cartas booleanas apresentam duas classes, uma em que é satisfeita a condição (em que se atribui o valor 1) e outra em que não verifica a condição (em que se atribui o valor 0). A classificação de temas matriciais em temas de duas classes permite efectuar um conjunto de operações de álgebra de mapas, de forma simples, identificando as áreas que satisfazem um conjunto de condições a partir, por exemplo de operações de adição, subtracção ou multiplicação de diferentes temas.

As operações de álgebra de mapas podem ser efectuadas seleccionando **Spatial Analyst Tools/Map Algebra/Raster calculator** (Figura 54), surge uma nova janela que permite efectuar operações algébricas com os temas matriciais. Deverá ter-se o cuidado de indicar o nome do ficheiro a gerar em **Output raster**.

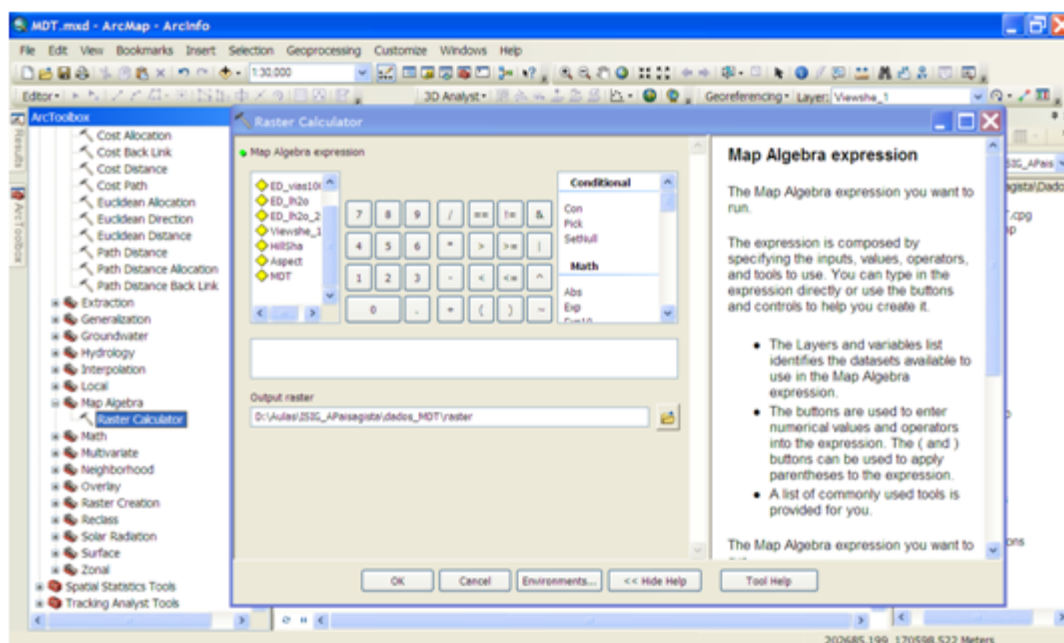


Figura 54 Ferramenta raster calculator.

6.2 Geoprocessamento

A ferramenta **Geoprocessing** permite efectuar um conjunto de operações em temas de formato vectorial.

A criação de uma envolvente a um tema vectorial de pontos, linhas ou polígonos pode ser efectuada com a barra **Geoprocessing/Buffer**, surge uma nova janela (Figura 55) com os seguintes campos:

Input Features – adicionar o tema de entrada a partir do qual se pretende calcular a envolvente,

Output Feature Class – dar nome a ficheiro a gerar,

Distance – escolher entre:

Linear unit – distancia linear para calculo da envolvente, numa unidade métrica,

Field – campo da tabela de atributos do tema entrada a partir do qual se calcula a envolvente,

Side Type – full,

End Type – seleccionar round ou flat,

Dissolve Type – seleccionar none, all ou list.

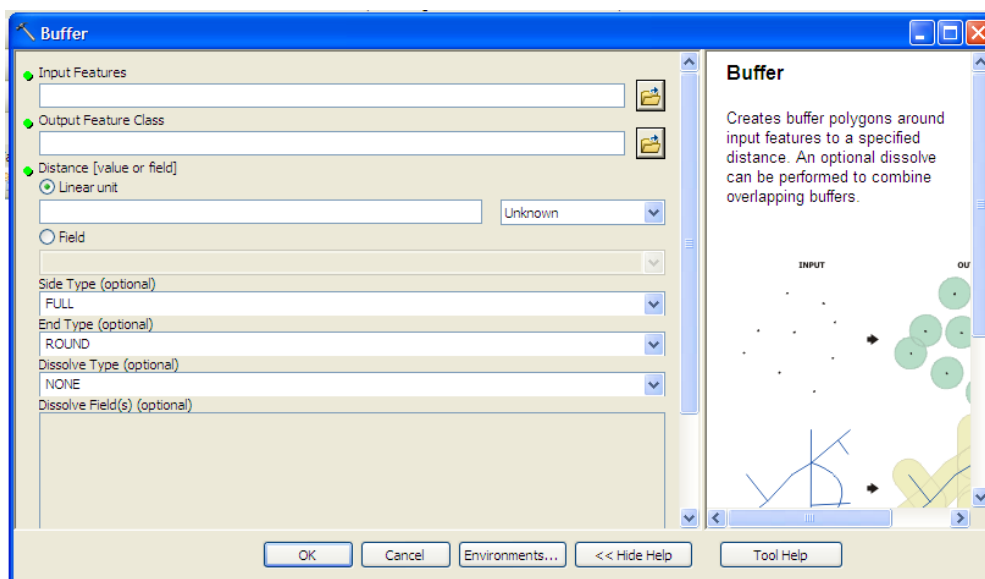


Figura 55 Ferramenta Buffer.

A criação de um recorte a um tema vectorial pode ser efectuada com a barra **Geoprocessing/Clip**, surge uma nova janela (Figura 55) com os seguintes campos:

Input Features – adicionar o tema que se pretende recortar,

Clip Features – adicionar o tema que servirá para recortar o tema anterior,

Output Feature Class – dar nome a ficheiro a gerar.

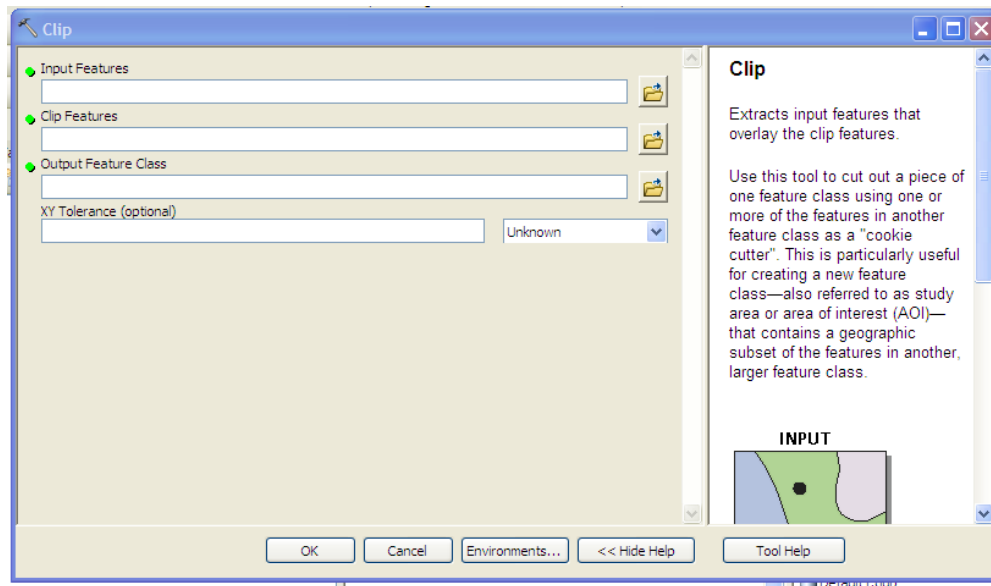


Figura 56 Ferramenta Clip.

Intersecção de dois ou mais temas vectoriais pode ser efectuada com a barra **Geoprocessing/Intersect**, surge uma nova janela (Figura 55) com os seguintes campos:

Input Features – adicionar os temas que se pretendem intersectar,

Output Feature Class – dar nome a ficheiro a gerar.

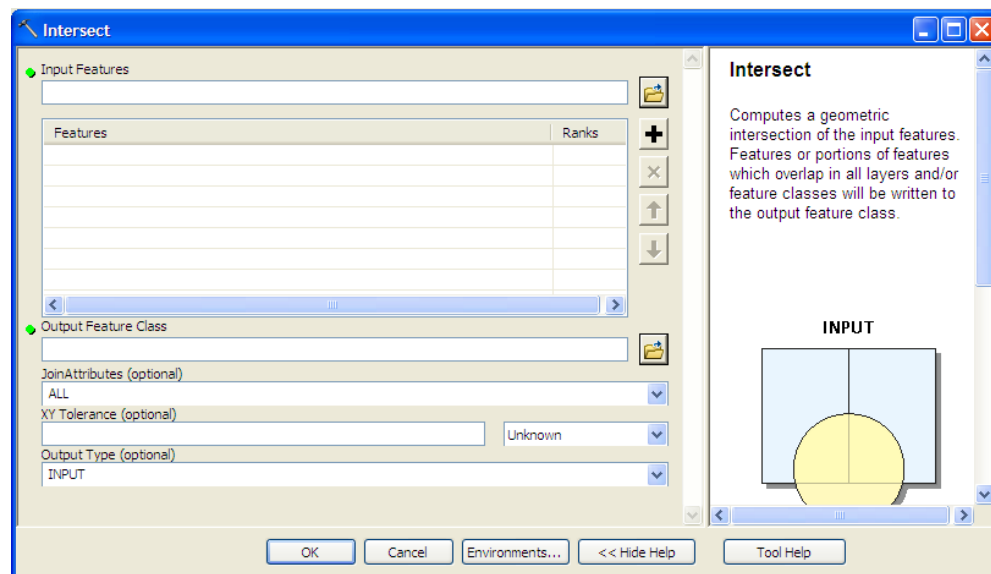


Figura 57 Ferramenta intersect.

União de dois ou mais temas vectoriais pode ser efectuada com a barra **Geoprocessing/Union**, surge uma nova janela (Figura 58) com os seguintes campos:

Input Features – adicionar os temas que se pretendem unir,

Output Feature Class – dar nome a ficheiro a gerar.

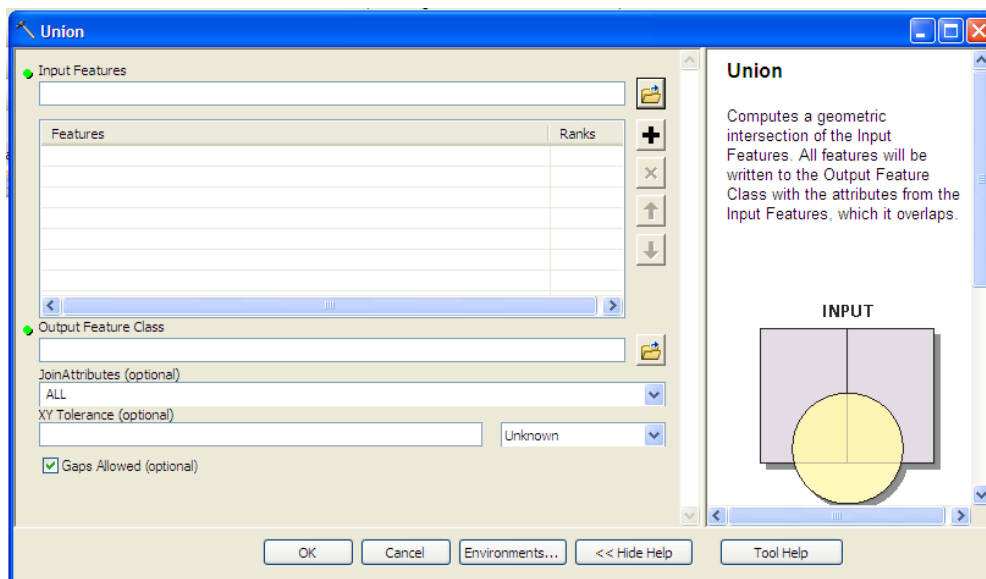


Figura 58 Ferramenta union.

Combinação de dois ou mais temas vectoriais pode ser efectuada com a barra **Geoprocessing/Merge**, surge uma nova janela (Figura 59) com os seguintes campos:

- Input Features** – adicionar os temas que se pretendem combinar,
- Output Feature Class** – dar nome a ficheiro a gerar.

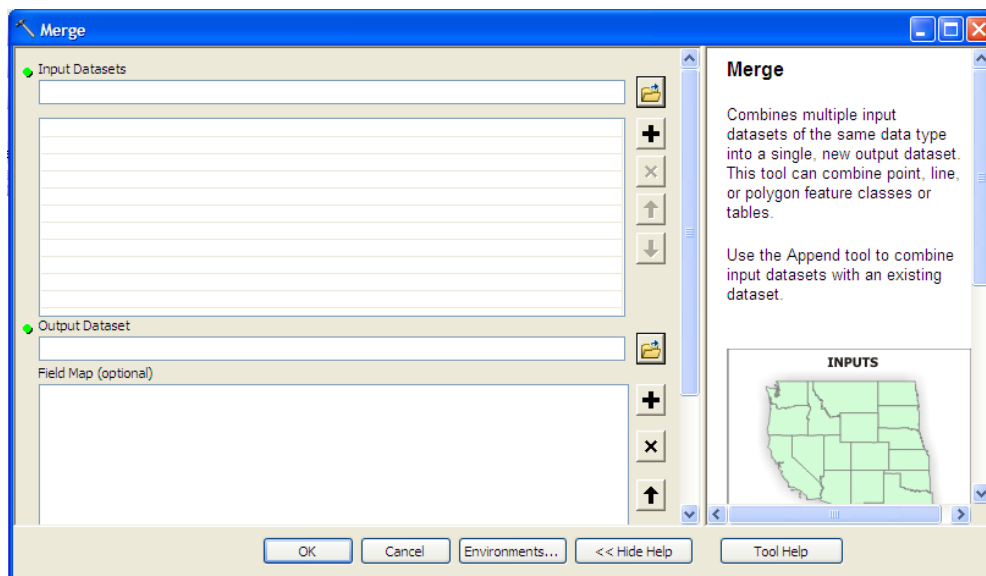


Figura 59 Ferramenta merge.

Dissolução de objectos num tema vectorial pode ser efectuada com a barra **Geoprocessing/Dissolve**, surge uma nova janela (Figura 59) com os seguintes campos:

- Input Features** – adicionar o tema em que se pretendem dissolver objectos,
- Output Feature Class** – dar nome a ficheiro a gerar,
- Dissolve field** – seleccionar a variável que servirá de base para fazer a agregação.

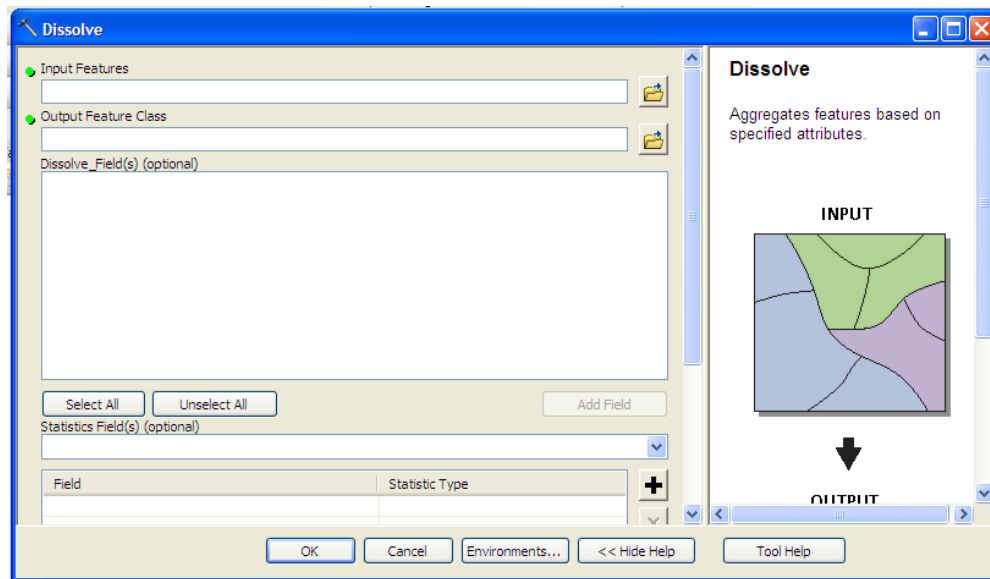


Figura 60 Ferramenta dissolve.

6.3 Exercícios de aplicação

1) A partir dos temas criados nos exercícios 5.3 gere os seguintes temas:

1.1) Declive:

- i) em classes de 5%,
- ii) nas classes: 0-3%, 3-5%, 5-15%, 15-25%, >25%
- iii) em classes de 10%
- iv) nas classes $\leq 25\%$, $> 25\%$

1.2) Orientação de encostas:

- i) a sul
- ii) a norte
- iii) a sul e a oeste
- iv) a norte e a este

1.3) Altitude:

- i) em classes 50 m
- ii) em classes 100 m
- iii) em classes 250 m
- iv) em classes 500 m

2) Para os temas derivados do ficheiro TIN_derivadas_A, calcule os temas que satisfaçam as seguintes condições:

- 2.1) 15-25% de declive e orientação a sul (nome: Cond_1),
- 2.2) bacia de visão do ponto com ID=30 (nome: BV1)
- 2.3) bacia de visão do ponto com ID=86 (nome: BV2)
- 2.4) declive $> 35\%$ e visível em BV1 ou BV2 (nome: Cond_2),
- 2.5) altitude > 200 m e declive $< 7\%$ (nome: Cond_3),
- 2.6) 100-200 m de altitude, 15-25% de declive e orientação a sul (nome: Cond_4),
- 2.7) altitude < 100 m, 5-15% de declive, orientação a oeste e invisível em BV1 (nome: Cond_5),

3) Para os temas derivados do ficheiro TIN_derivadas_B, calcule os temas que satisfaçam as seguintes condições:

- 3.1) declive inferior a 10% e a distâncias inferiores a 2 km e superiores a 50 m de pontos de água,
- 3.2) declive inferior a 7%, a distâncias inferiores a 3 km e superiores a 50 m de pontos de água, e a distâncias superiores a 50 m das linhas de água.
- 3.3) declive inferior a 30%, a distâncias superiores a 100 m de pontos de água e a distâncias superiores a 50 m das linhas de água,
- 3.4) bacia de visão do ponto com FID=59 (nome: BV1)
- 3.5) bacia de visão do ponto com FID=136 (nome: BV2)
- 3.6) visível em BV1 e em BV2 ou BV3 (nome: Cond_1)
- 3.7) <15% de declive e orientação plana (nome: Cond_2),
- 3.8) altitude > 150 m e invisível em BV1 e BV2 (nome: Cond_3),
- 3.9) altitude >120 m ou declive < 25% (nome: Cond_4),

4) Para os temas derivados do ficheiro TIN_derivadas_C, calcule os temas que satisfaçam as seguintes condições:

- 4.1) <25% de declive e orientação a sudeste (nome: Cond_1),
- 4.2) bacia de visão do ponto com FID=55 (nome: BV1)
- 4.3) bacia de visão do ponto com FID=108 (nome: BV2)
- 4.4) declive >10% e visível em BV1 ou BV2 (nome: Cond_2),
- 4.5) altitude > 165 m ou declive <3% (nome: Cond_3),
- 4.6) 150-185 m de altitude, declive entre 10-20% e orientação a noroeste (nome: Cond_4),
- 4.7) declive inferior a 7% ou visível da bacia de visão 1, a distâncias superiores a 10 m e inferiores a 250 m das linhas de água e altitude inferior a 165 m ou se localizem na secção da bacia BH ou a menos de 1000 m.

7 Modelação hidrográfica

Os sistemas de informação geográfica permitem efectuar a modelação geográfica. Neste ponto tratar-se-á de criar temas com as linhas de água, as linhas de fecho, as bacias hidrográficas ou secções de bacias hidrográficas em função de um ponto.

Para criar o tema bacia hidrográfica considere-se o seguinte exemplo: numa determinada zona foi feito um levantamento de campo, que deu origem aos temas limite (limite.shp), altimetria (AZARENTO_Altimetria.shp) e secção hidrográfica (seccao_BH.shp). Para elaborar a modelação hidrográfica deve:

- 1) Criar um projecto e adicionar os temas à layer (Cfr. 2);
- 2) Definir em Environments, o Workspace e Processing Extent (Cfr. 5.2);
- 3) Criar o TIN (Figura 61) e o modelo digital do terreno (Figura 62 e Figura 63), com o ficheiro AZARENTO_Altimetria.shp, com dimensão da célula de 1 m (Cfr. 5.1);
- 4) Derivar as curvas de nível do modelo digital do terreno, com equidistância natural de 1 m (Figura 64) (Cfr. 5.2);
- 5) Criar as linhas de água:
 - 5.1) Criar uma nova shapefile, de linhas,
 - 5.2) Colocar a nova shapefile em edição e digitalizar as linhas de água (Figura 65);
- 6) Criar as linhas de fecho:
 - 6.1) Criar uma nova shapefile, de linhas,
 - 6.2) Colocar a nova shapefile em edição e digitalizar as linhas de fecho (Figura 66);
- 7) Criar bacias hidrográficas:
 - 7.1) Criar uma secção da bacia hidrográfica, definida por um ponto que identifica por exemplo o paredão de uma barragem, que corresponde neste exemplo ao ficheiro seccao_BH.shp,
 - 7.2) Criar uma nova shapefile, de polígonos,
 - 7.3) Colocar a nova shapefile em edição e digitalizar os limites da bacia hidrográfica (Figura 67).

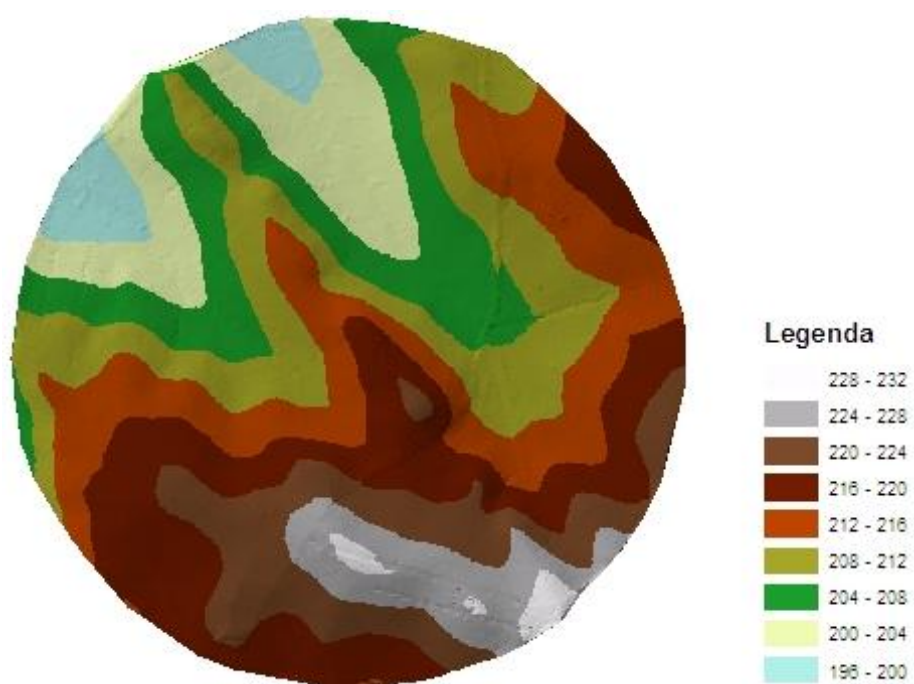


Figura 61 TIN do ficheiro AZARENTO_Altimetria.

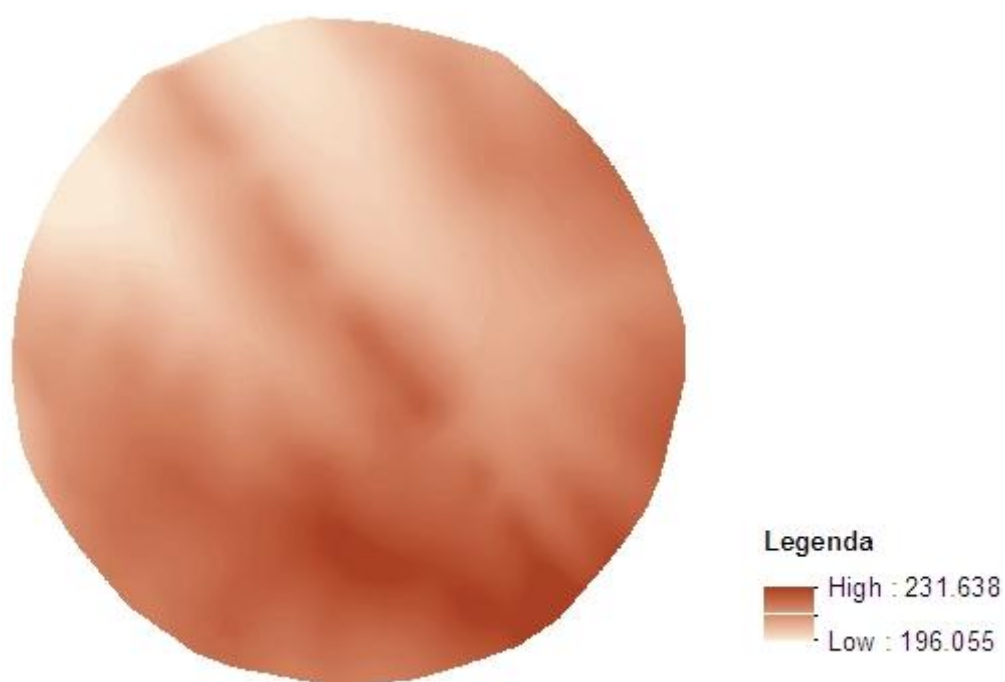


Figura 62 Modelo digital do terreno do ficheiro AZARENTO_Altimetria.

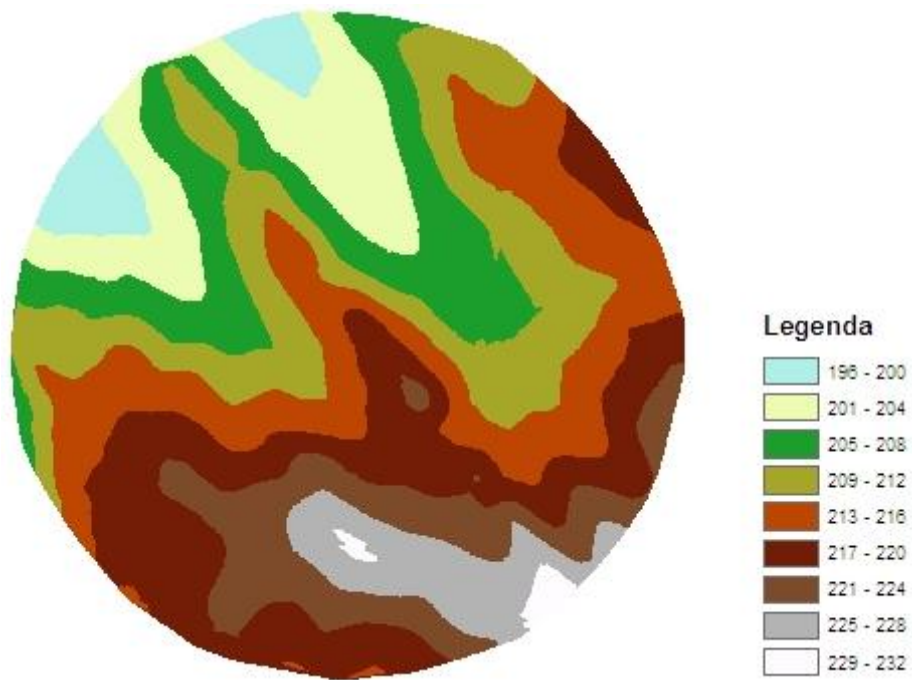


Figura 63 Modelo digital do terreno do ficheiro AZARENTO_Altimetria, com as mesmas classes de altitude.

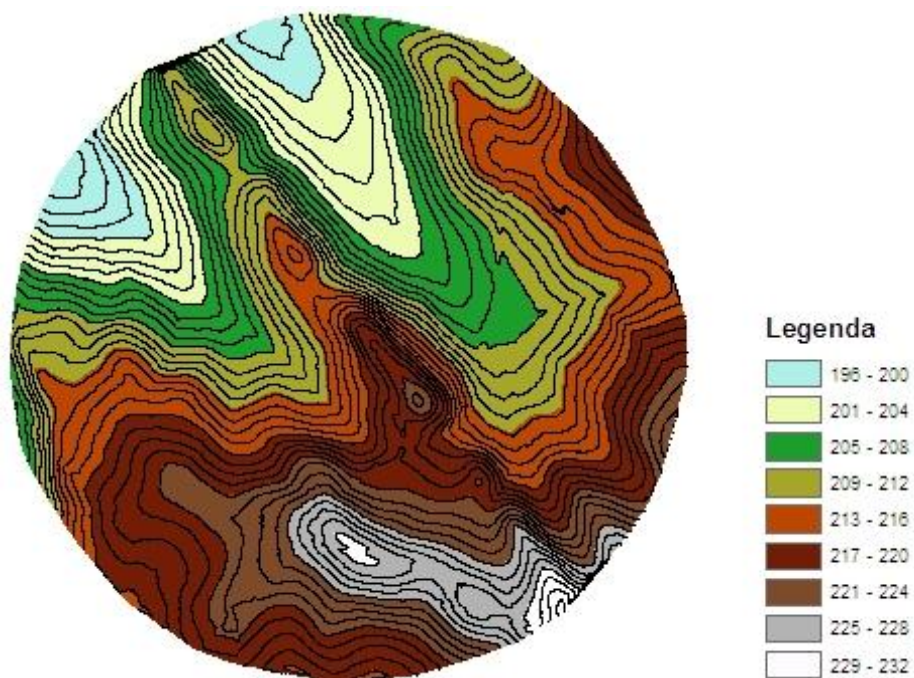


Figura 64 Curvas de nível derivadas do TIN do ficheiro AZARENTO_Altimetria.

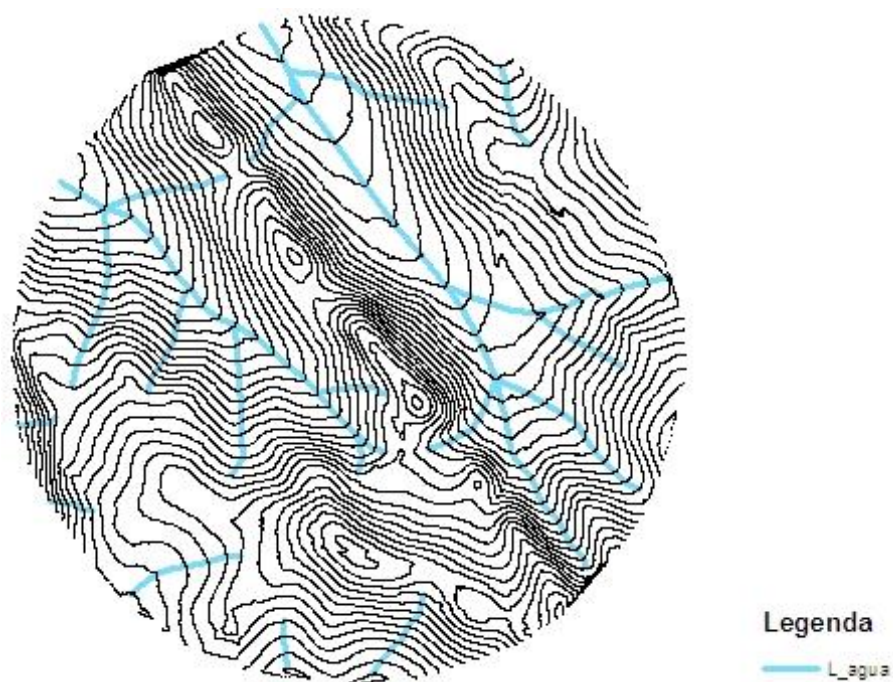


Figura 65 Linhas de água

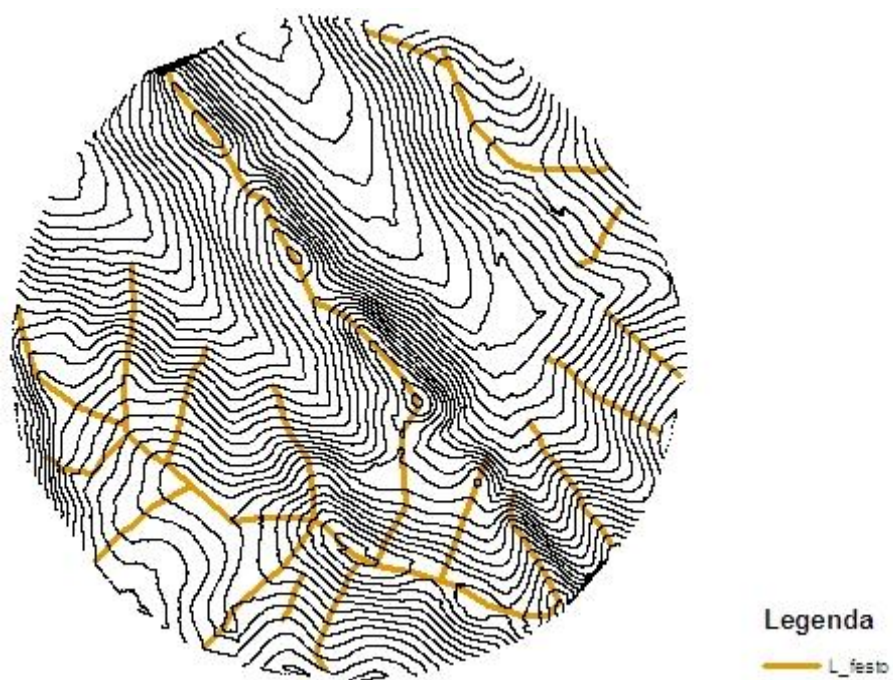


Figura 66 Linhas de feito

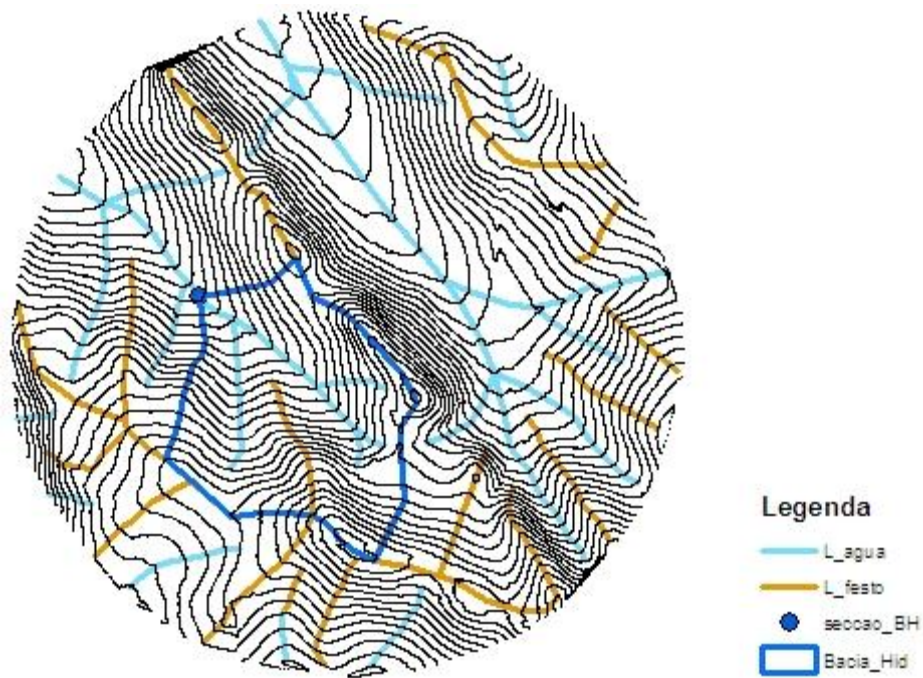


Figura 67 Secção de bacia hidrográfica

Alternativamente as bacias hidrográficas podem ser calculadas a partir de um conjunto de ferramentas do ArcGIS, e operações sequenciais, devendo seguir-se os seguintes passos:

- 1) criar um projecto e adicionar os temas à layer (Cfr. 2);
- 2) definir em Environments, o Workspace e Processing Extent;
- 3) Criar o TIN (Figura 61) e o modelo digital do terreno (Figura 62 e Figura 63), com o ficheiro AZARENTO_Altimetria.shp (Cfr. 5.1);
- 4) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Hydrology/Fill** (Figura 68), surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input raster or feature source data – adicionar o tema do modelo digital do terreno

Output surface raster – dar nome a ficheiro a gerar (Ex: Fillgrid, Figura 69)

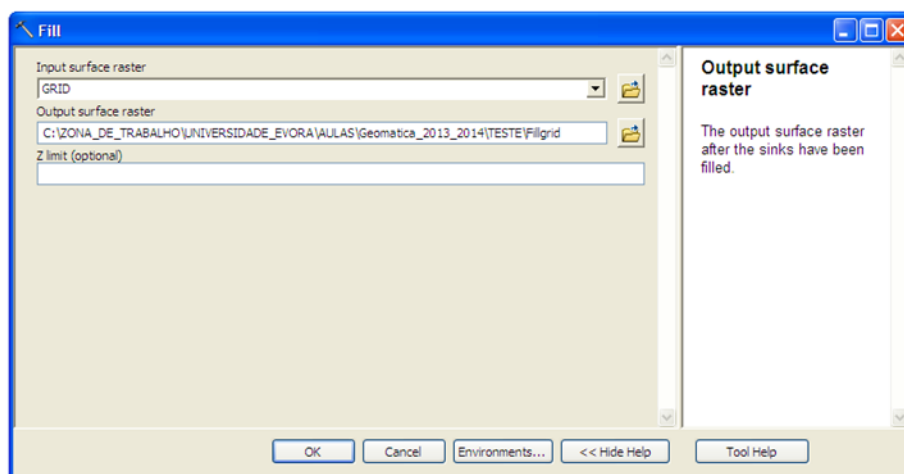


Figura 68 Janela Fill.

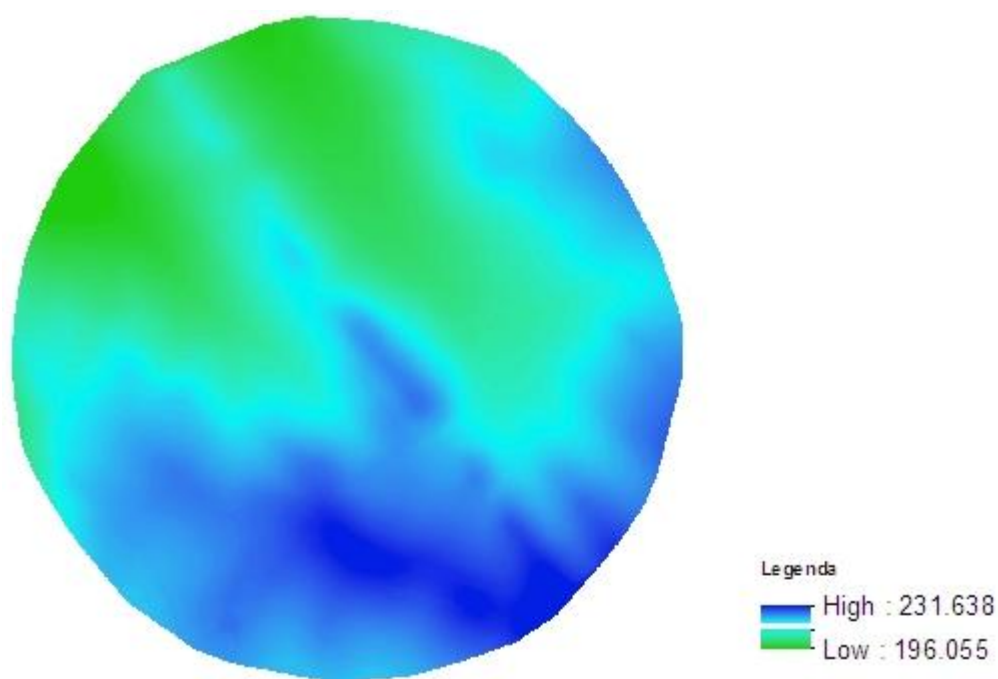


Figura 69 Tema Fill

5) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Hydrology/Flow Direction** (Figura 70), surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input surface raster – adicionar o tema gerado pelo Fill (Fillgrid)

Output flow direction raster – dar nome a ficheiro a gerar (Flowdir, Figura 71)

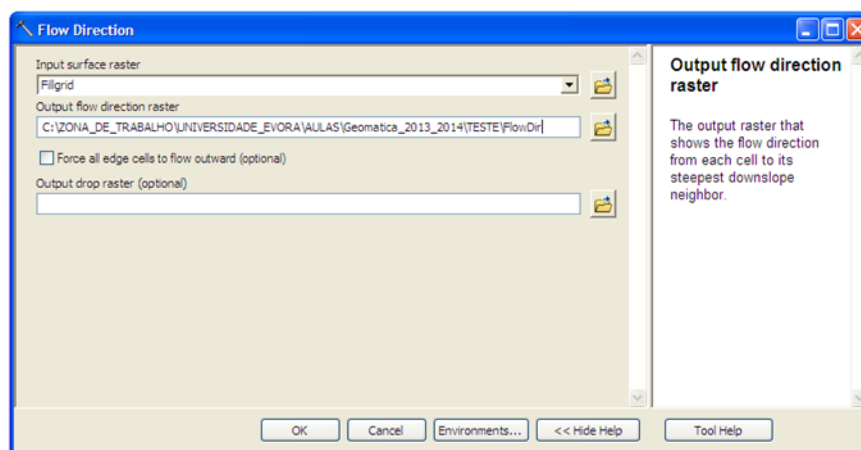


Figura 70 Janela Flow direction.

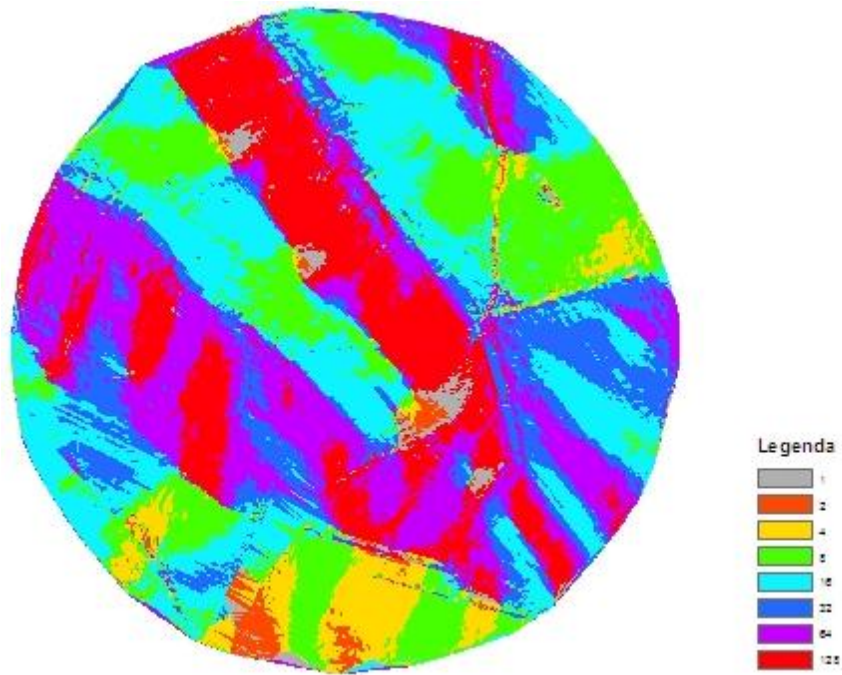


Figura 71 Tema flow direction.

6) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Hydrology/Flow Accumulation** (Figura 72), surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input direction raster – adicionar o tema da direcção do escoamento (Flowdir)

Output accumulation raster – dar nome a ficheiro a gerar (FlowAcc, Figura 73)

Output data type – Float

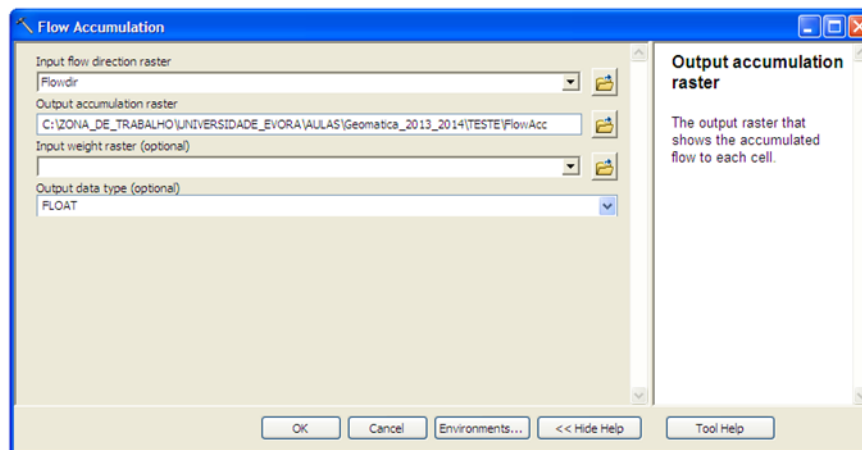


Figura 72 Janela Flow accumulation.

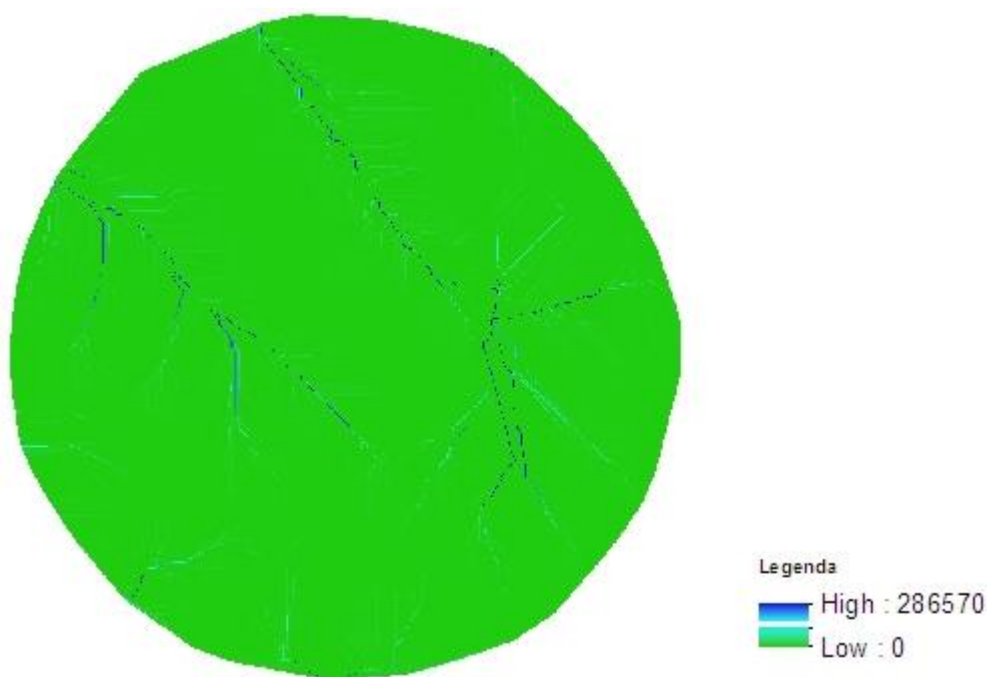


Figura 73 Tema flow accumulation.

7) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Reclass/Reclassify** e classificar em duas classes (Cfr. 5.4), uma de 0-1000 células e outra > 1000 células (L_Agua_FA, Figura 74)

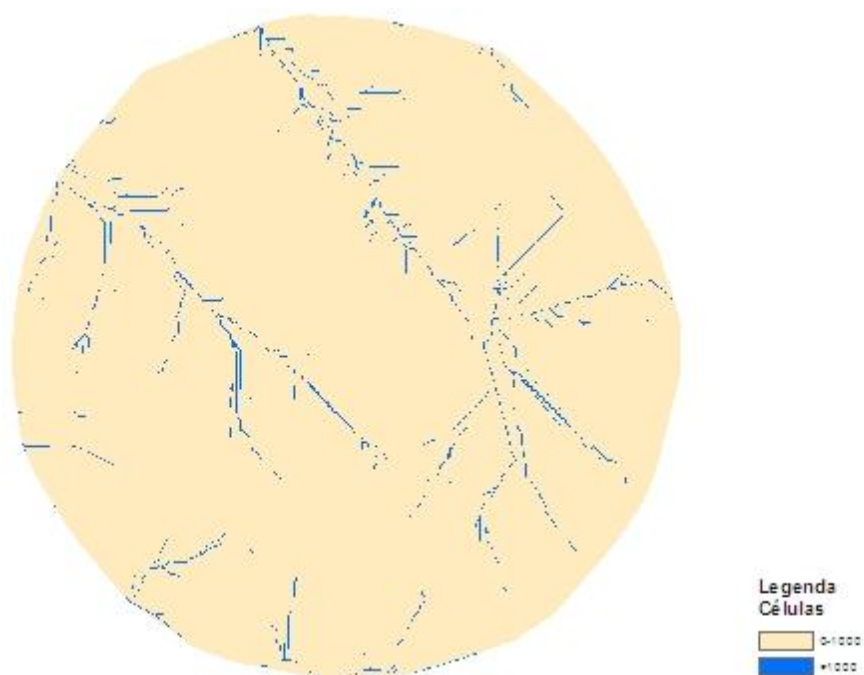


Figura 74 Tema flow accumulation reclassificado.

8) no ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Hydrology/Stream to feature** (Figura 75), surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input stream raster – adicionar o tema do originado em 7 (L_Agua_FA)

Input flow direction raster – adicionar o tema da direcção de escoamento (Flowdir). Gera um ficheiro vectorial com as linhas de água

Output polyline features – dar nome a ficheiro a gerar (StreamT_L_Agua1, Figura 76)

Simplify polylines – activar

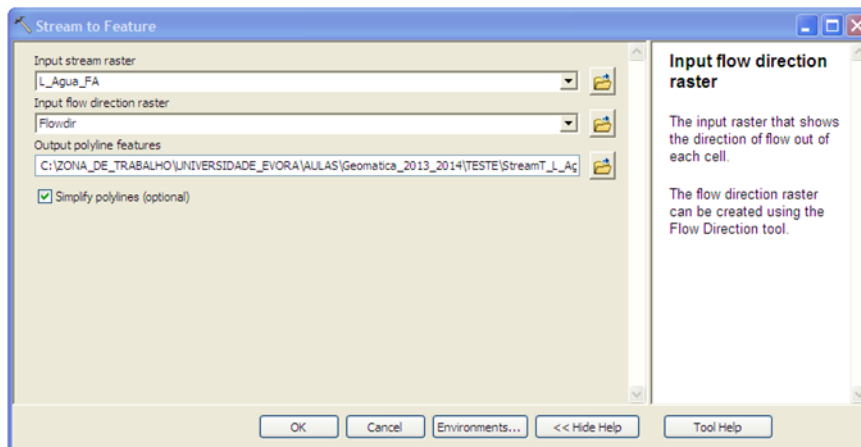


Figura 75 janela Stream to feature.

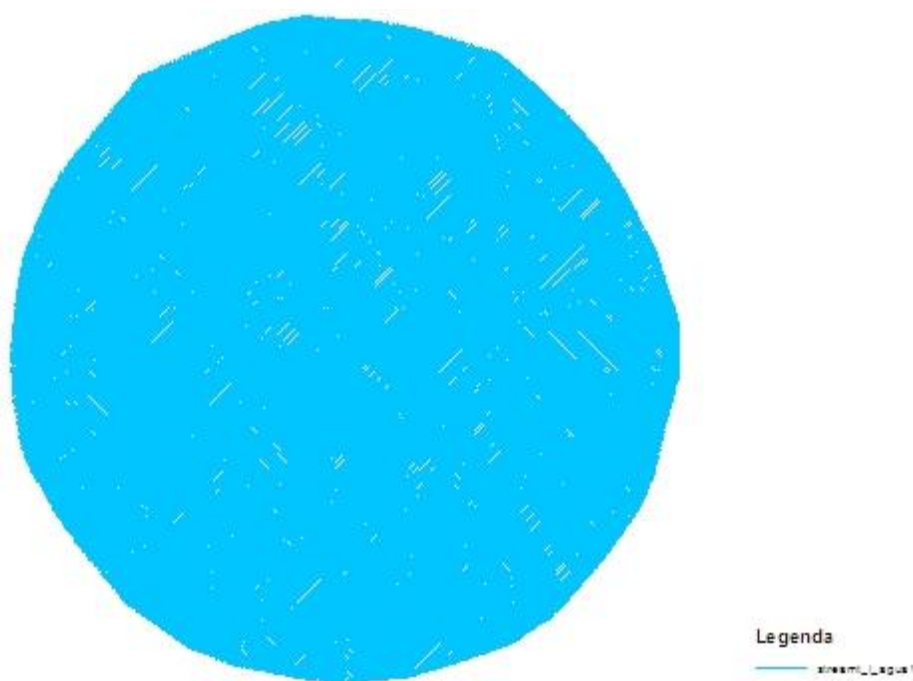


Figura 76 Tema stream to feature.

9) Criação de todas as bacias existentes numa área de trabalho. No ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Hydrology/Basin** (Figura 77), surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input flow direction raster – adicionar o tema direcção do escoamento (Flowdir)

Output raster – dar nome a ficheiro a gerar (Bacias_Hid, Figura 78). Calcula todas as bacias da área de estudo.

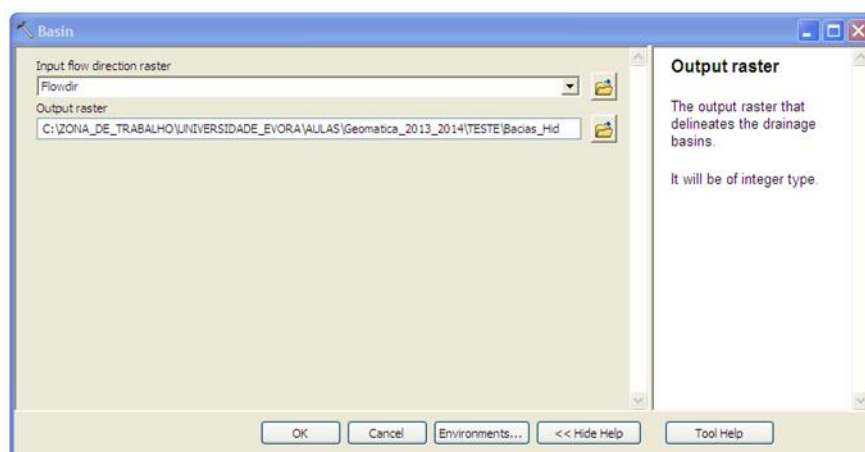


Figura 77 Janela Basin.

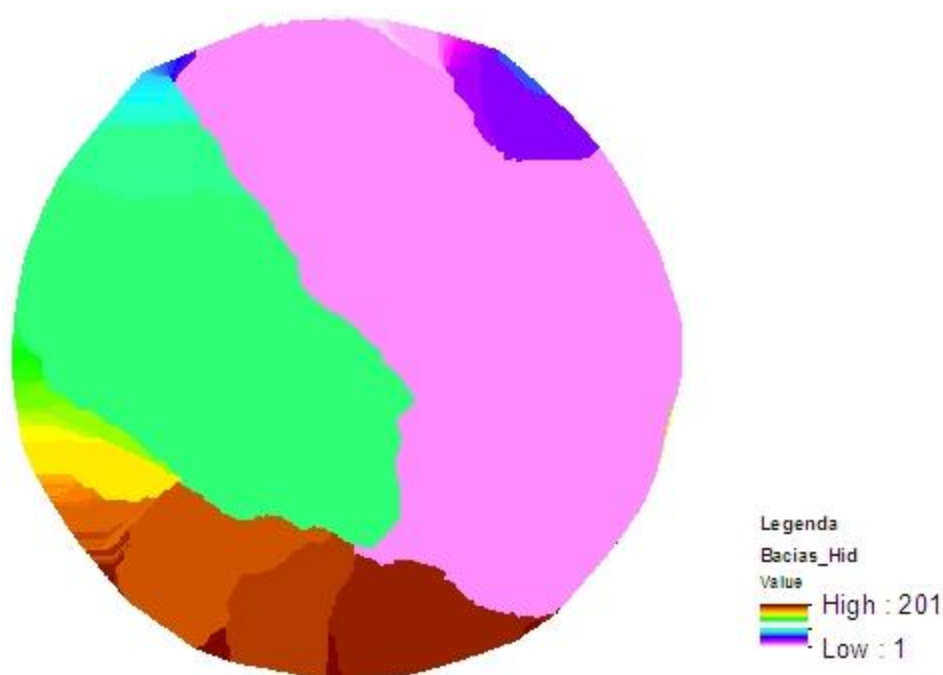


Figura 78 Tema bacias.

10) Criação de uma bacia em função de uma secção No ArcToolbox seleccionar **Spatial Analyst Tools/Hydrology/Watershed** (Figura 79), surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Input flow direction raster – adicionar o tema do modelo digital do terreno (Flowdir)

Input raster or feature pour point data – ponto que define uma secção da bacia hidrográfica (seccão_BH)

Pour point field – seleccionar a coluna na tabela de atributos que identifica a secção

Output raster – dar nome a ficheiro a gerar (Watershed_sec, Figura 80).

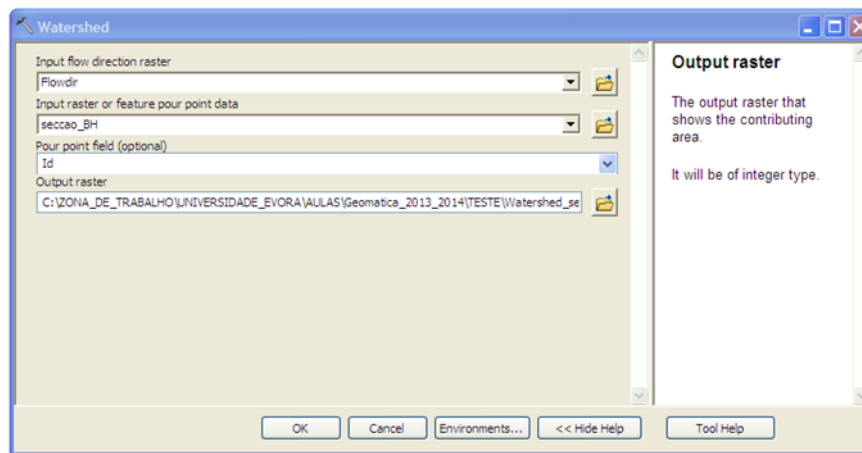


Figura 79 Janela Watershed.



Figura 80 Tema bacia hidrográfica

8. Acesso a servidores remotos

O ArcGIS Online é uma fonte extraordinária de serviços de mapas e temas prontos a serem utilizados. Estes serviços podem ser directamente utilizados pelo ArcGIS Desktop / ArcMap.

A ESRI disponibiliza serviços de imagens de alta resolução para Portugal, fornecidas pelo Instituto Geográfico Português (IGP). Estes Ortofotos foram inseridos num tema designado **World User Imagery**.

O procedimento para adicionar o tema World User Imagery ao ArcMap é o seguinte:

- i) Seleccione **Add Data** surge uma no janela (Figura 81);
- ii) Em **Look in** seleccione **GIS Servers** e **Add**;

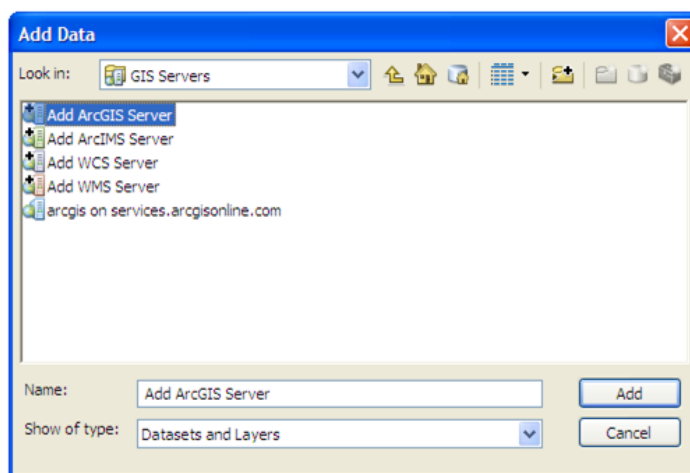


Figura 81 Janela Add Data.

- iii) Na janela **Add Data** que surge seleccione **Add ArcGIS Server** surge uma nova janela (Figura 82);
- iv) Na janela que surge seleccione **Use GIS Services** e clique **Next**;;

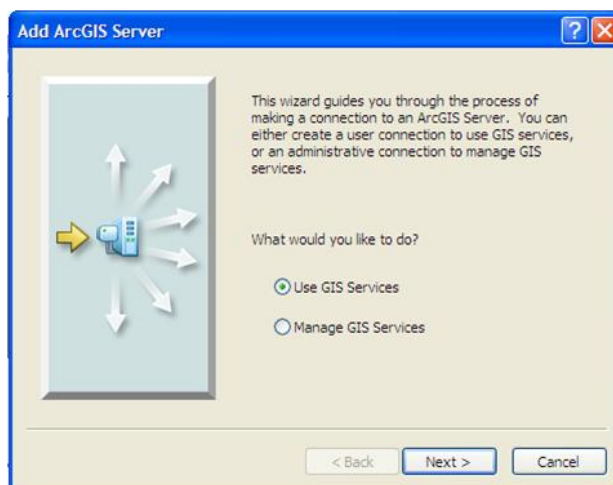


Figura 82 Janela Add ArcGIS Server.

v) em **General, Choose the type of ArcGIS Server connection**, seleccione **Internet** e em **Server URL** escreva <http://services.arcgisonline.com/arcgis/services> (Figura 83) e clique **Finish**. Não necessita de user name ou password.

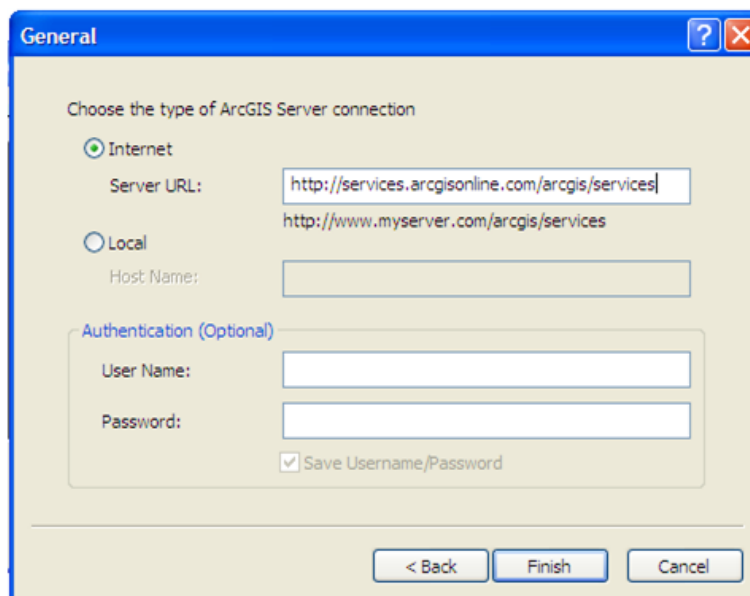


Figura 83 Janela General.

vi) Após este procedimento será estabelecida a ligação ao servidor da ESRI, que permite visualizar os serviços disponibilizados, que se podem adicionar à layer de trabalho, seleccionando o tema (**arcgis on servissess.arcgisonline.com**, Figura 84) e clicando **Add**.

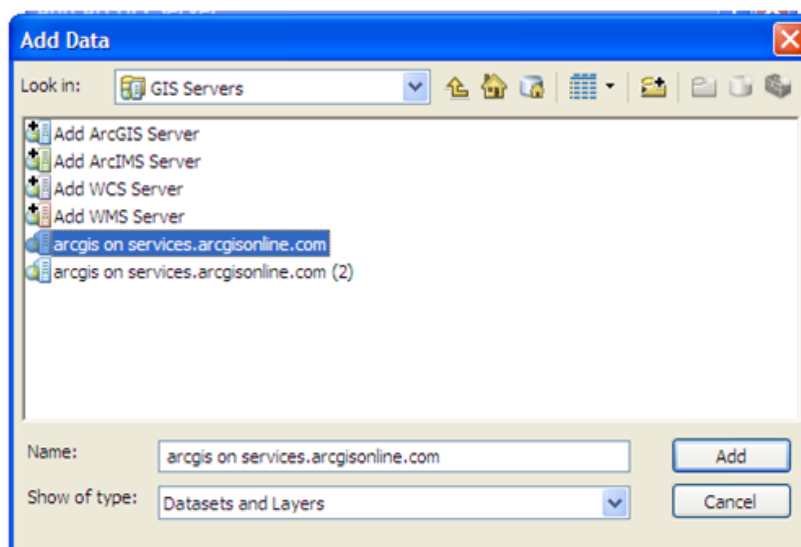


Figura 84 janela Add Data com o servidor arcgisonline active.

Para aceder, por exemplo aos ortofotos seleccione **World Imagery** (Figura 85) e clique **Add**. Na zona superior e inferior do Catalog surge **arcgis on servissess.arcgisonline.com**, indicando que a ligação está feita, ou seja este procedimento de acesso ao servidor remoto é efectuado apenas uma vez.

Uma vez estabelecida a ligação ao servidor remoto, para adicionar qualquer tema basta seleccionar **arcgis on servisses.arcgisonline.com**, **Add Data** e seleccionar o tema que se pretende adicionar à layer.

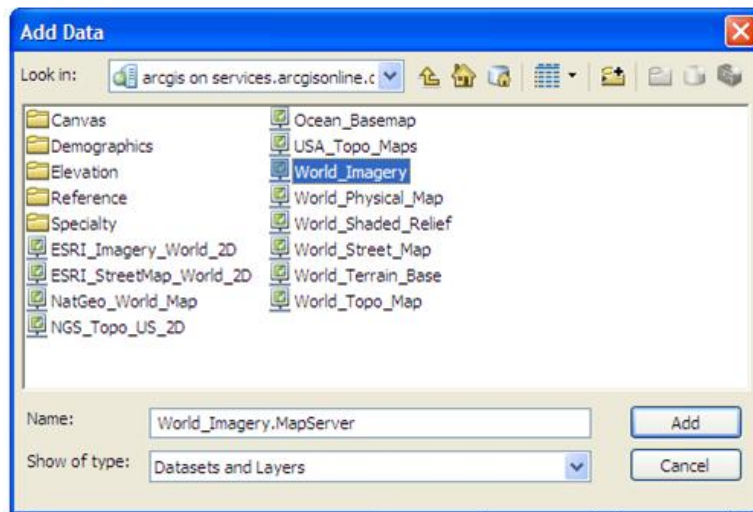


Figura 85 Janela Add Data com selecção de World Imagery.

Pode acontecer que o projecto não esteja no mesmo sistema de coordenadas que os temas do servidor. Surge então uma janela de aviso **Warning** (Figura 86, esquerda). Clique **OK** e na janela seguinte **Geographic Coordinate Systems Warning** seleccione **Transformations** e em **Convert from** seleccione o sistema de coordenadas do tema que pretende adicionar (Ex: GCS_WGS_1984), em **Into** o sistema de coordenadas da layer (Ex: GCS_Datum_Lisboa_Hayford) e em **Using** (Ex: Datum_Lisboa_Hayford_To_WGS_1984_2) (Figura 86, direita) e clique **OK** e **Close**.

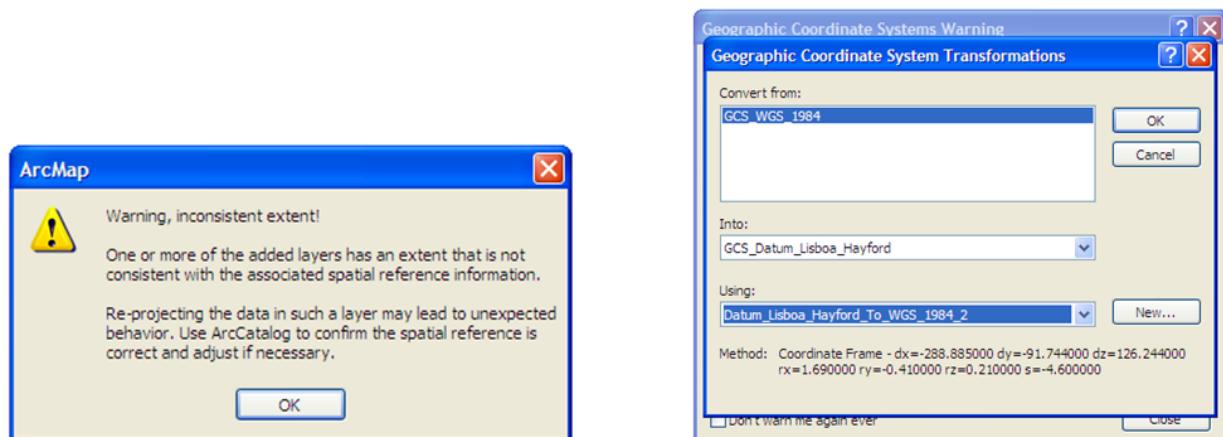


Figura 86 Janelas de aviso de sistema de coordenadas diferente entre temas (esquerda) e de transformação de sistemas de coordenadas (direita).

Na Layers da Table of Contents surge então o tema **World_Imagery**. Refira-se que quando se adiciona este tema com os ortofotos se está a adicionar todos os ortofotos a nível mundial, pelo que os procedimentos de adicionar, ampliar, reduzir, pan e outros ficam bastante lentos.

Normalmente adicionam-se os ortofotos ou outros temas existentes no GIS Servers a projectos com uma determinada área de estudo, podendo-se visualizar quer os ficheiros de trabalho quer os ortofotos (Figura 87).

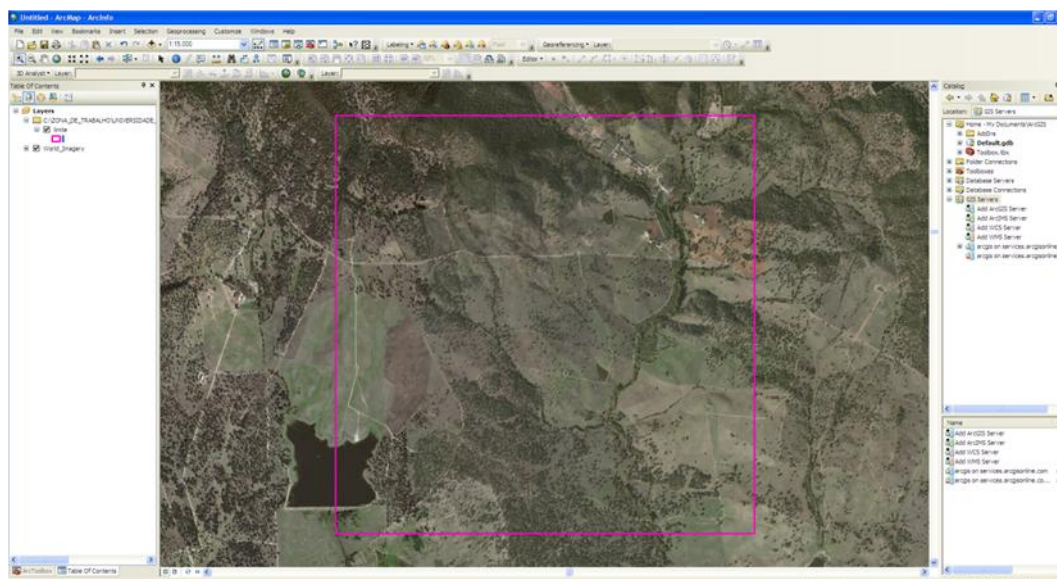


Figura 87 Ortofotos com limite de área.

Se se abrir um projecto novo e se introduzir directamente o tema World_Imagery aparecerão os ortofotos para todo o mundo havendo quer fazer ampliações na área em que se pretender trabalhar, o que é normalmente moroso e exige perícia do operador, pelo que se aconselha a adicionar este tema a projectos em que já se adicionou a área de estudo (Figura 88).

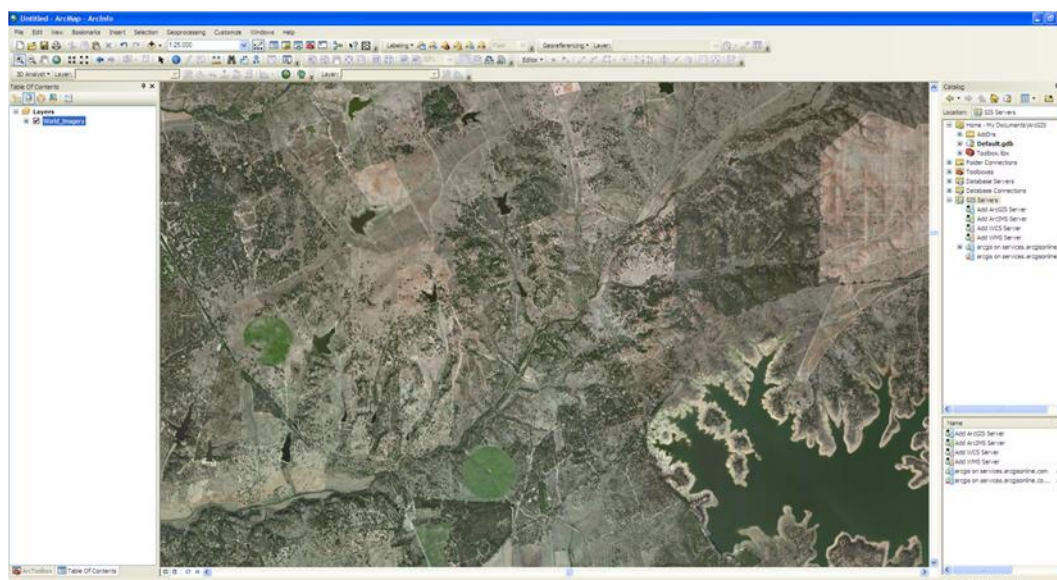


Figura 88 Ortofotos.

9. Análise da produtividade

Os sistemas de informação geográfica permitem fazer um conjunto de análises espaciais. Neste ponto apresenta-se um exemplo da análise da produtividade de uma cultura de milho, a partir de um conjunto de dados recolhidos no campo.

Para avaliar a produção de milho foram recolhidos os dados que constam nos ficheiros `azarento_Prod_milho_2004`, `azarento_Prod_milho_2003`, e definido o limite da área de estudo, Limite. Nos dois primeiros ficheiros na tabela de atributos encontra-se um conjunto de dados recolhidos, nomeadamente produção de milho (coluna MILHO), velocidade da ceifeira (VELOCIDADE) e humidade do grão (HUMIDADE). O objectivo é avaliar as diferenças de produção de milho em dois anos consecutivos, 2003 e 2004. Este exercício será resolvido com a álgebra de mapas, sendo por isso necessário criar temas quadriculares.

A criação de ficheiros quadriculares pode ser efectuada por dois métodos, nomeadamente o TIN (Cfr. 5.1) e o IDW, inverso do quadrado da distância, que dá um peso à célula tanto menor quanto maior for a distância à célula de referência.

Antes de iniciar o trabalho deverá:

- Criar um novo projecto (`Produtividade.mdx`), definir o ambiente de trabalho e formatar a layer (Cfr. 2);
- Adicionar os temas à layer.

Na criação dos temas pelo método IDW devem seguir-se os seguintes passos:

- 1) Em **ArcToolbox** seleccionar **Spatial Analyst Tools/Interpolation/IDW** (Figura 89), surge uma nova janela, em que se preenchem os campos:

Input point features – tema de entrada (`azarento_Prod_milho_2003`)

Z_values_field – coluna a partir da qual se pretende gerar o tema quadricular (MILHO)

Output raster – nome do ficheiro de saída (`Grid_P_2003`)

Output cell size – tamanho da célula. Deve ter-se o cuidado de definir o tamanho da célula mais adequada ao trabalho a desenvolver e mantê-la constante ao longo de todo o trabalho (neste caso 5 m)

Power – expoente de distância, neste caso pretende-se o inverso do quadrado da distância ou seja 2

Search radius – indica raio de pesquisa, que pode ser fixo ou variável (neste exemplo seleccionar **Variable**) e os **Search Radius Settings**, o número de pontos ou a distância da área de influência para o cálculo (neste caso **Number of points 12**).

- 2) Gera um novo ficheiro (`Grid_P_2003`), numa área superior à de trabalho. Para visualizar apenas a área de trabalho seleccionar Layer, tecla direita do rato **Properties/Data Frame**, em **Clip Options** seleccionar **Clip to shape** e em **Specify Shape** seleccionar **Outline of Features** e em **Layer** o tema que representa o limite (Limite) (Figura 90 e Figura 91), clique **OK** e **OK**.

- 3) Para o ano de 2004 repetir os pontos 3) e 4) com o ficheiro `azarento_Prod_milho_2004` (Figura 92).

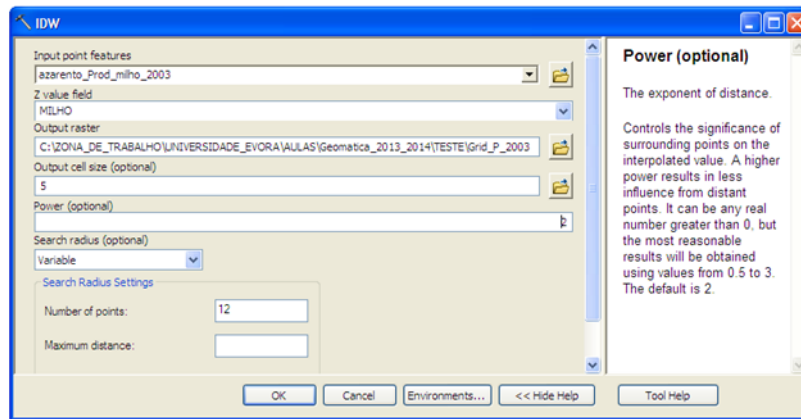


Figura 89 Janela IDW.

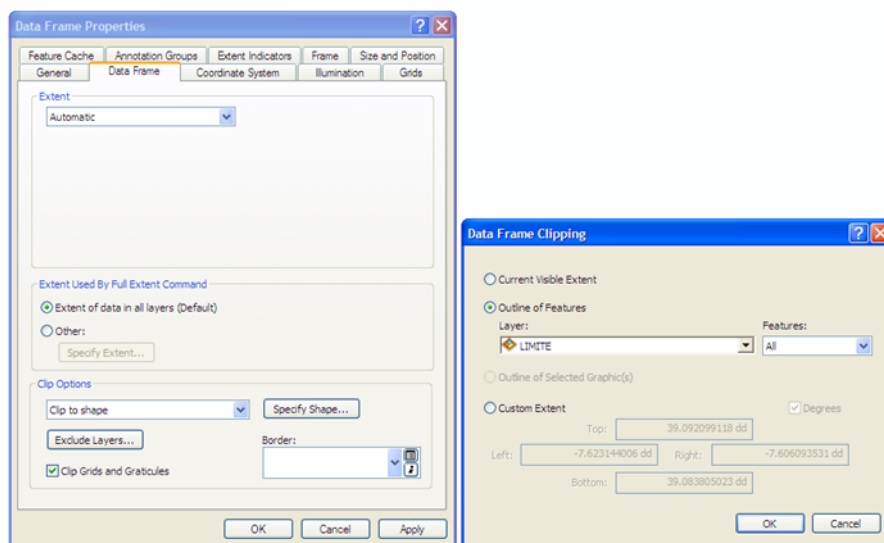


Figura 90 Janela Data Frame properties e Data Frame Clipping.

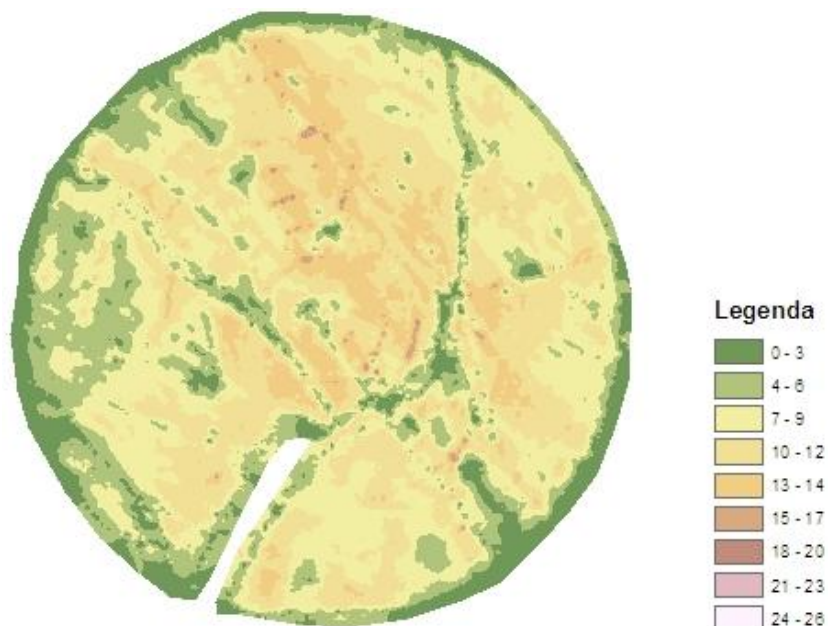


Figura 91 Tema produção de milho em 2003.

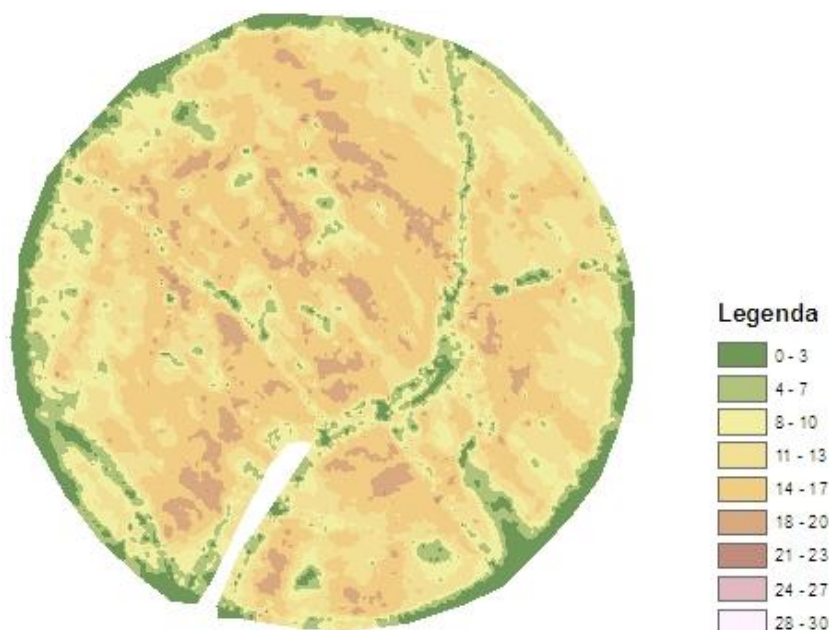


Figura 92 Tema produção de milho em 2004.

Deve ter-se especial cuidado na escolha dos nomes dos ficheiros, para evitar confusão.

Na criação dos temas pelo método TIN devem seguir-se os seguintes passos:

- 1) no ArcToolbox seleccionar **3D Analyst Tools/TIN Management/Create TIN**, surge nova janela, em que se preenchem os campos:

Output TIN – nome do ficheiro (TIN_Prod_2003);

Input Feature Class – adicionar os ficheiros e seleccionar no campo **height field** a coluna da tabela de atributos de cada tema que contém o atributo que se pretende trabalhar, neste caso a coluna MILHO, ou caso não exista seleccionar <none>, caso do tema limite; e no campo **SF_type** a característica da superfície, neste caso masspoint para o ficheiro azarento_Prod_milho_2003 e softclip para o Limite, pressionar OK. Surge na layer um novo tema vectorial, o tin.

- 2) Converter TIN_Prod_2003 para raster. No ArcToolbox seleccionar **3D Analyst Tools/Conversion/From TIN/TIN to Raster**, surge uma nova janela, em que se preenchem os campos:

Input TIN – o TIN criado em 3);

Output Raster – nome do ficheiro a gerar (GRID_P_2003)

Output Data Type – Float

Method – Linear

Sampling Distance – CELLSIZE X, sendo x a dimensão da célula, que depende da precisão que se pretende obter, neste exemplo 5 m.

- 3) Para o ano de 2004 repetir os pontos 3) e 4) com o ficheiro azarento_Prod_milho_2004

Tendo criado os temas quadriculares pode, com a álgebra de mapas, avaliar as diferenças de produção, fazendo a subtracção da produção de 2003 pela de 2004 (Prod_dif). As diferenças são em alguns casos negativas e noutras positivas. Para uma melhor visualização poderá alterar-se a legenda agrupando os valores em 5 classes, por exemplo [-23,-5], [-5,-1], [-1,0], [0,1], [1,23] (Figura 93).

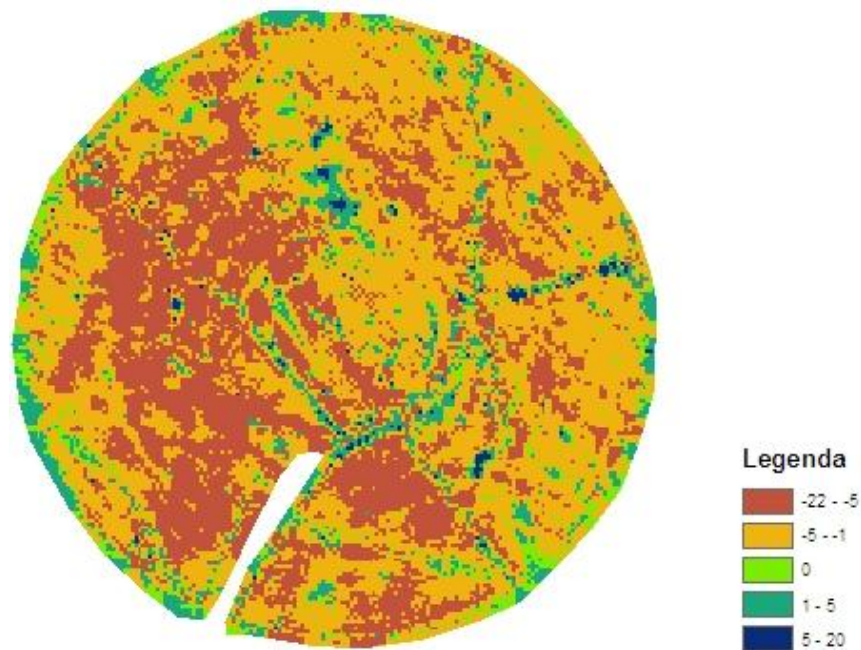


Figura 93 Diferenças de produção de milho entre 2003 e 2004, com legenda em cinco classes.

Considere-se que se pretende calcular o rendimento, considerando que o preço do milho é 180€/t e o custo de produção 1200€/ha. Para maior precisão os cálculos deverão ser efectuados por célula, de acordo com as seguintes fórmulas:

- Rendimento bruto por célula (€/célula) = Produção (kg/ célula) x preço (€/kg);
 - Rendimento líquido por célula (€/célula) = Rendimento bruto por célula (€/célula) – Custo de produção por célula (€/célula);
 - Produção (kg/célula) = [Resolução da célula]² x [Produção (t/ha) x 1000 (kg/t)] / 10000 m²;
 - Preço (€/kg) = Preço (€/t) / 1000 (kg);
 - Custo de produção (€/célula) = [Resolução da célula]² x [Custo de produção (€/ha)] / 10000 m²;
- Ou
- Rendimento líquido por célula = {[Resolução da célula]² x [Produção (t/ha) x 1000 (kg/t)] / 10000 m²} x {Preço (€/t) / 1000 (kg)} – {[Resolução da célula]² x [Custo de produção (€/ha)] / 10000 m²};
 - Rendimento líquido por parcela = Somatório dos rendimentos líquidos de todas as células da parcela.

Com base nos pressupostos poderão então efectuar-se cálculos sucessivos, criando temas intermédios para se obter o resultado final (Figura 94), com a álgebra de mapas, o Raster Calculator.

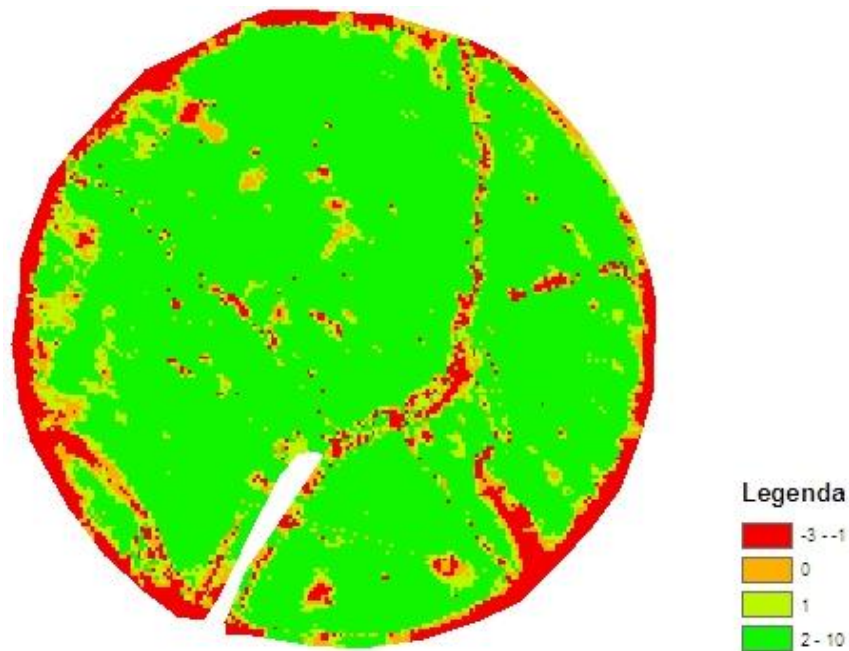


Figura 94 Rendimento líquido da cultura de milho para 2004, com legenda em quatro classes.

Para determinar o rendimento total da área de trabalho, ou seja o somatório de todas as células, pode recorrer-se **Spatial Analyst Tools/Zonal/Zonal Statistics as Table**, surge uma nova janela (Figura 95), em que se preenchem os campos:

- Input raster or feature zone data** – tema que define o limite da área de trabalho (Limite);
- Zone field** – coluna da tabela de atributos que serve de base para o cálculo
- Input value raster** – tema e onde se pretendem efectuar os cálculos (RL_cell)
- Output table** – nome do ficheiro de saída (ZonalSt_RL)
- Ignore No Data in calculations** – activar, para não calcular os valores sem dados
- Statistics Type** – seleccionar as estatísticas, neste exemplo All

Cria uma tabela (Figura 96) com as estatísticas das variáveis número de células (COUNT), área (AREA), mínimo (MIN), máximo (MAX), amplitude (RANGE), média (MEAN), desvio padrão (STD) e soma (SUM).

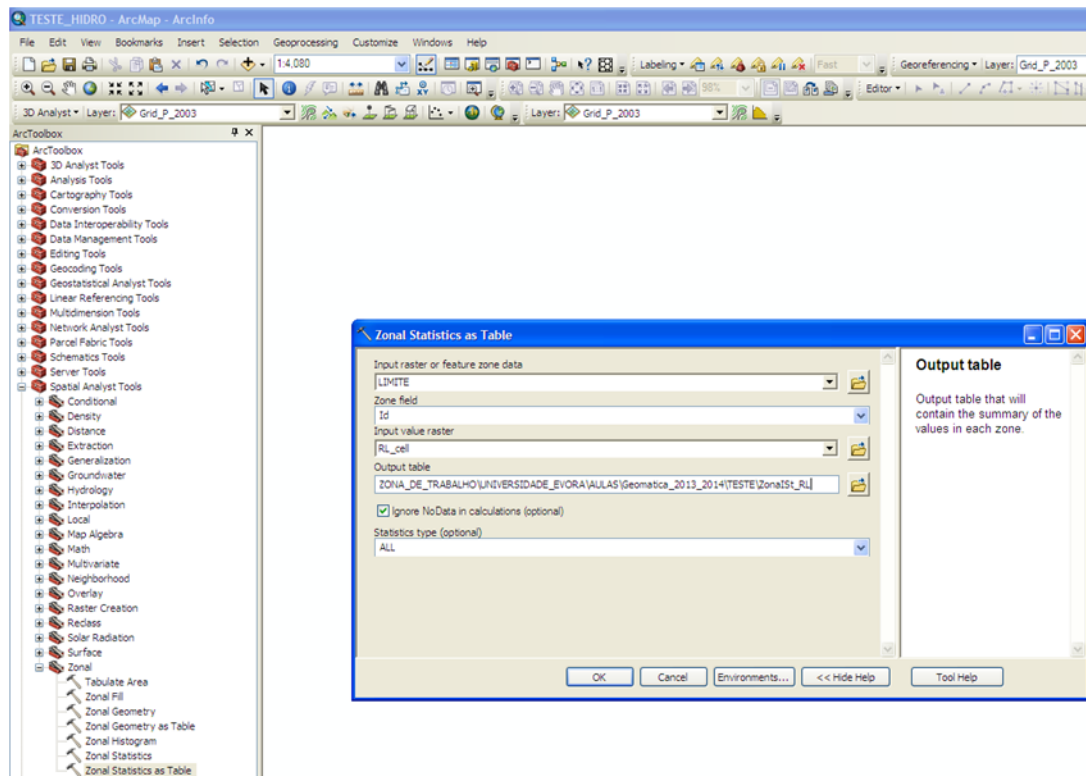


Figura 95 Janela Zonal Statistics as Table.

c:\zona_de_trabalho\universidade_evora\zonaist_ri

Rowid	ID	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	0	24533	613325	-3	10.47016	13.47016	2.147631	1.995163	52687.816

zonalist_ri

Figura 96 Tabela com os parâmetros estatísticos calculados.

10. Layouts

O Layout é uma ferramenta importante em sistemas de informação geográfica dado que permite a obtenção de produtos finais, mapas ou cartas, para posterior utilização e impressão em papel ou em formato digital de imagens (por exemplo, jpg, pdf). Para isso o ArcGis possui uma vista de Layout (**Layout View**, Figura 97 e Figura 98). Nesta vista em **File/Page and Print Setup** pode formatar-se o tamanho do papel e a sua orientação.

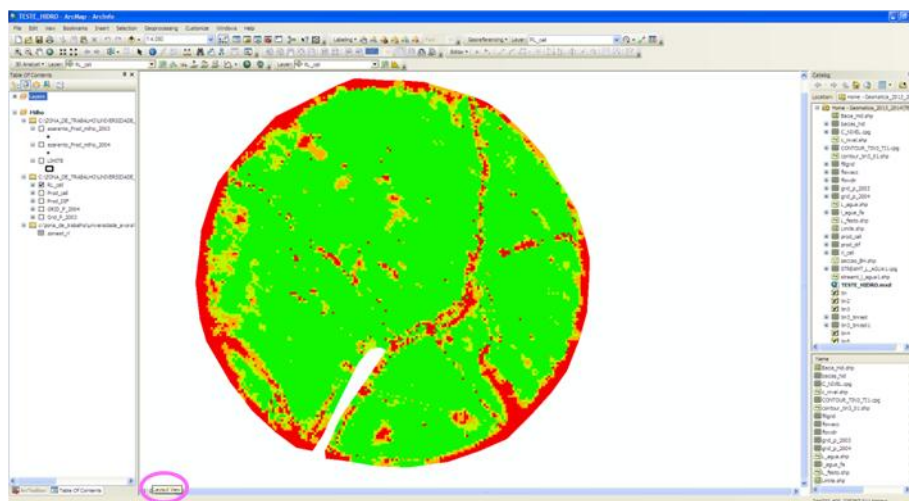


Figura 97 Localização da vista Layout.

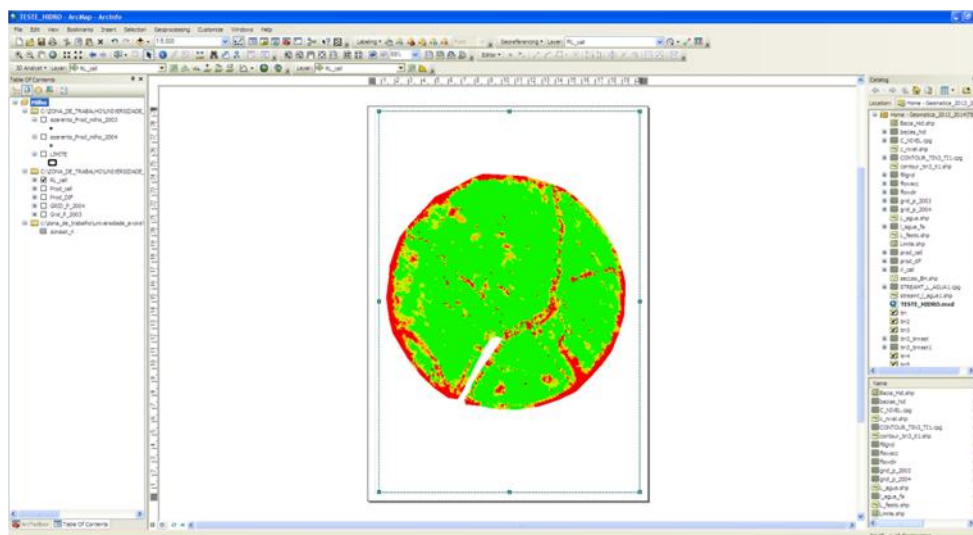


Figura 98 Vista Layout.

Para configurar o tamanho da área seleccionar **File/Page and Print Setup** (Figura 99, esquerda), surge uma nova janela (Figura 99, direita) que permite formatar o tamanho da folha (**Size**), a sua orientação (**Orientation**), podendo associar-se a uma impressora ou à conversão em formato pdf (**Print Setup/Name**).

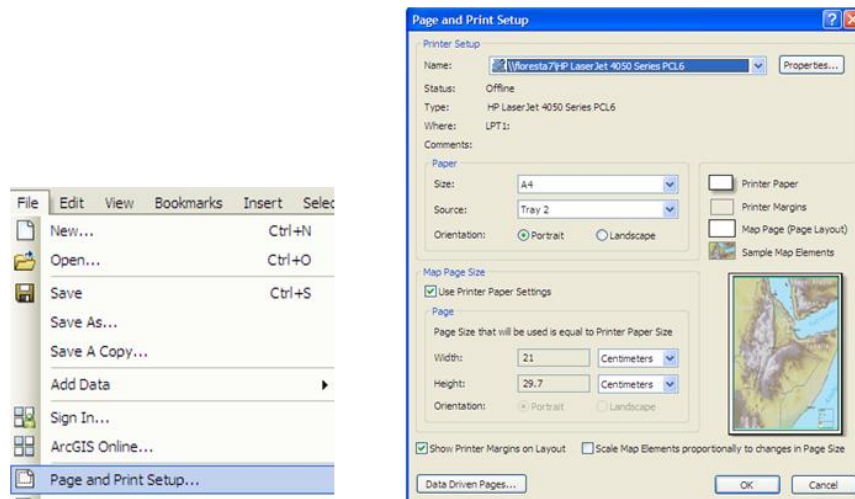


Figura 99 Comandos para a formatação do Layout.

Para ampliar, reduzir, pan na vista Layout não deve ser utilizada a barra de ferramentas Tools, deverá customizar-se a barra de ferramentas **Layout** (Figura 100).

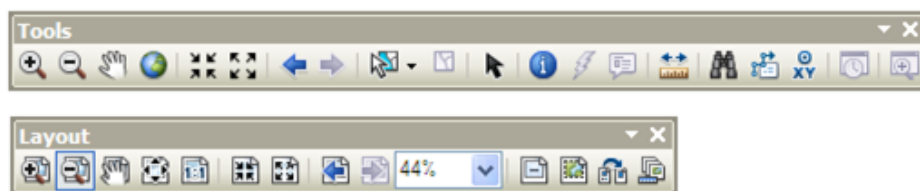


Figura 100 Barra de ferramentas Tools e Layout.

Os mapas ou cartas produzidas não ficam completos sem a inclusão da legenda, seta do Norte e escala. Estes parâmetros podem ser incluídos seleccionando **Insert** (Figura 101):

- i) **Legend**, surge uma nova janela que pede em janelas sucessivas informações (Figura 102):
 - 1) seleccionar o tema em **Map Layers** o tema e transferi-lo para **Legend items**, clicar **Next**,
 - 2) Em **Legend Title** colocar o título da legenda, e formatar o tipo, tamanho, e cor da letra, assim como a justificação do texto, clicar **Next**,
 - 3) clicar **Next**,
 - 4) clicar **Next**,
 - 5) clicar **Finish**,

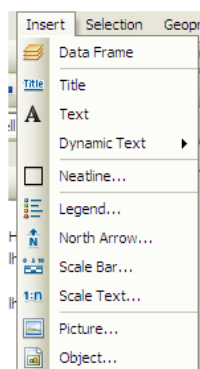


Figura 101 Ferramenta para inclusão da legenda, seta do Norte e escala.

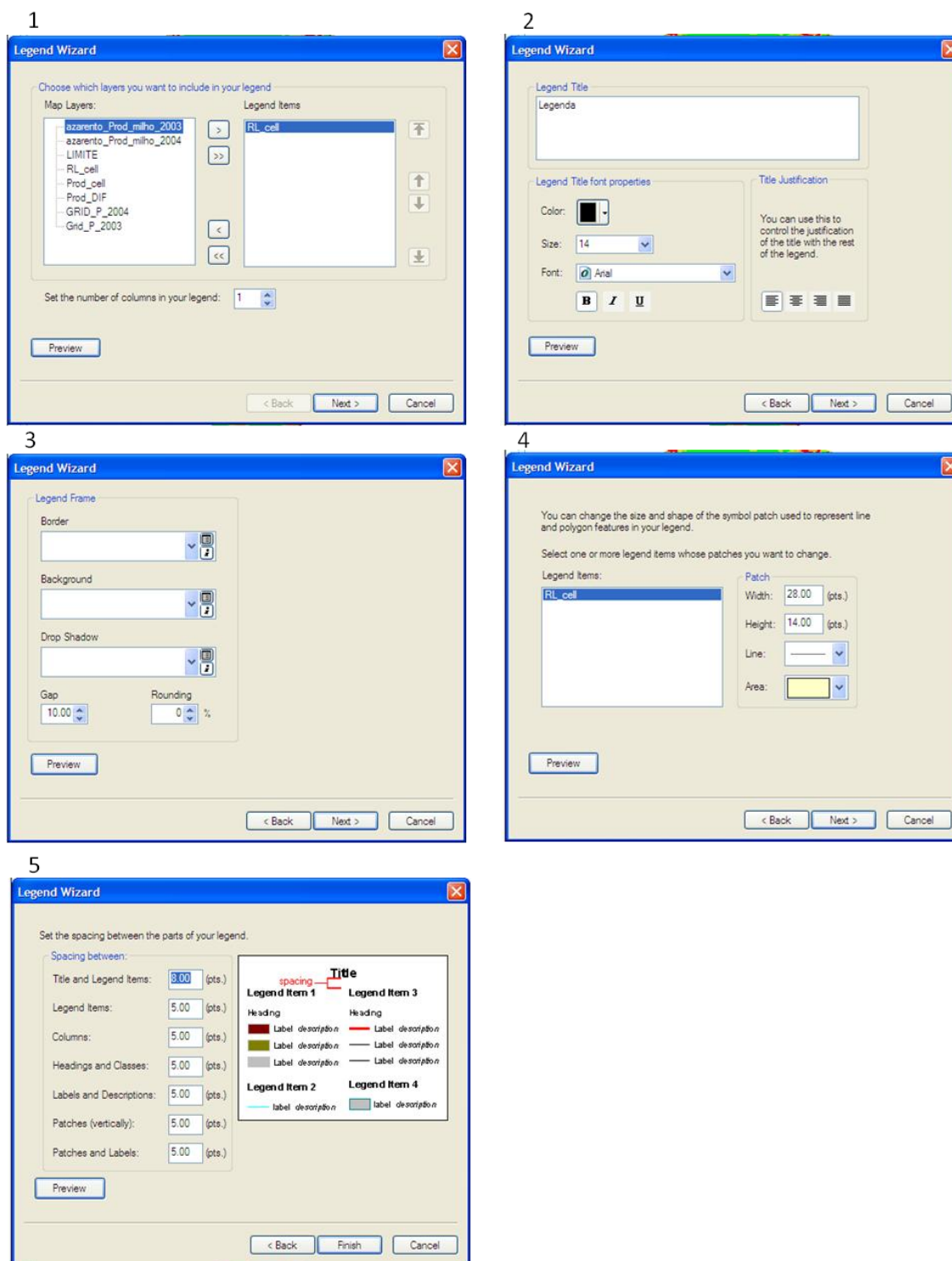


Figura 102 Janelas da formatação da legenda.

6) No layout surge a legenda. Esta pode ser alterada clicando na tecla esquerda do rato duas vezes. Surge uma nova janela, **Legend properties** (Figura 103), que permite alterar a legenda (**Legend**); os temas (**Items**), neste ponto é possível definir o tipo de legenda ao seleccionar **Style**; a bordadura da legenda (**Frame**) e o seu tamanho e posição (**Size and position**),

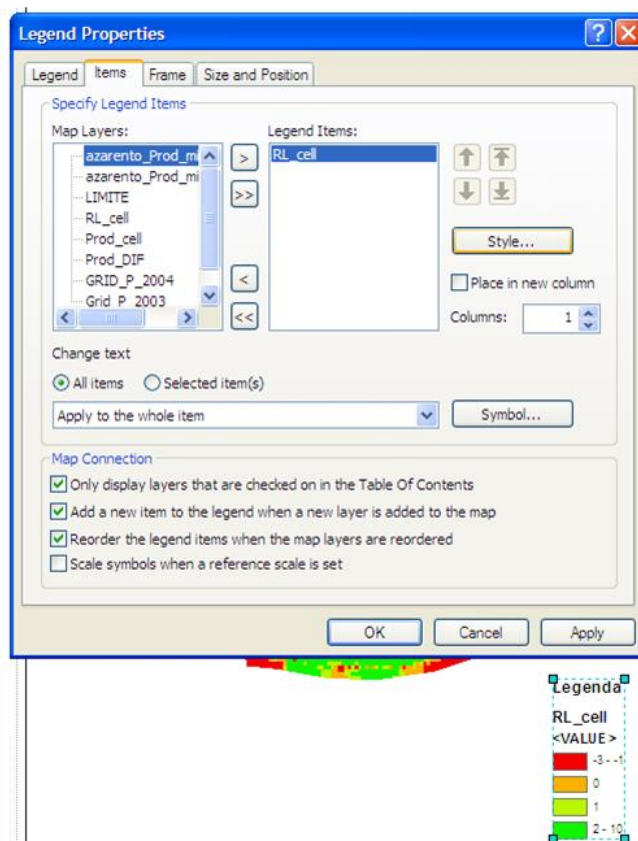


Figura 103 Janela Legend properties.

ii) **North Arrow**, surge uma nova janela com vários tipos de setas predefinidos, podendo ainda alterar-se as propriedades (Properties) e usar outros estilos (More styles). Deve seleccionar-se o tipo de seta e OK (Figura 104), surgindo no Layout a seta do Norte.

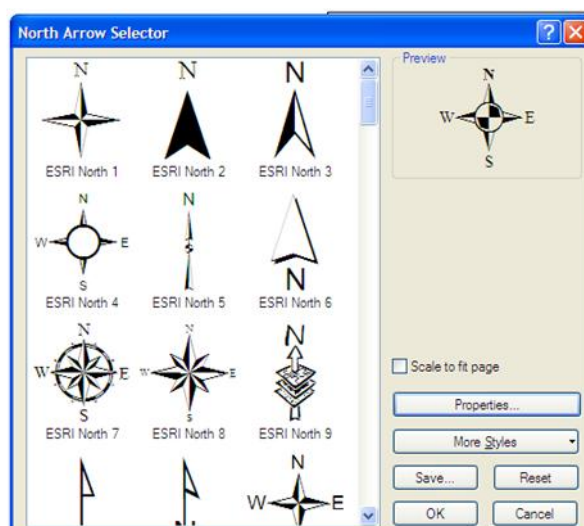


Figura 104 Janela North Arrow.

iii) Para a selecção da escala podem usar-se duas ferramentas a escala gráfica (**Scale bar**) ou a escala numérica (**Scale text**), surge uma nova janela com vários tipos de escalas gráficas ou numéricas, devendo seleccionar-se a pretendida e clicar **OK** (Figura 105Figura 102). É preferível

usar esta dado que o redimensionamento da figura, ampliações ou reduções, da carta em papel ou em formato digital, originam erros na leitura das distâncias ou áreas.

A legenda pode ser alterada, clicando na tecla esquerda do rato duas vezes. Surge uma nova janela **Alternating Scale Bar properties** (Figura 106, esquerda), que permite alterar a escala e as unidades (**Scale and units**), os números e as marcas (**Numbers and Marks**), o formato (**Format**), a bordadura da legenda (**Frame**) e o seu tamanho e posição (**Size and position**). Da mesma forma a legenda numérica pode ser alterada clicando na tecla esquerda do rato duas vezes. Surge uma nova janela, **Scale Text Properties** (Figura 106, direita), que permite alterar a escala do texto (**Scale Text**), o formato (**Format**), a bordadura da legenda (**Frame**) e o seu tamanho e posição (**Size and position**).

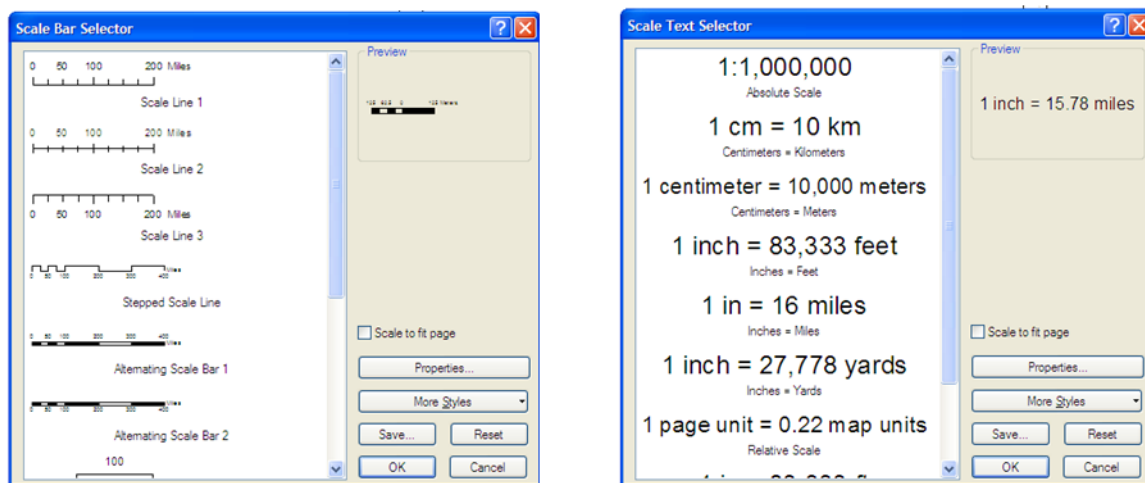


Figura 105 Janela Scale bar selector (esquerda) e Scale Text selector (direita).

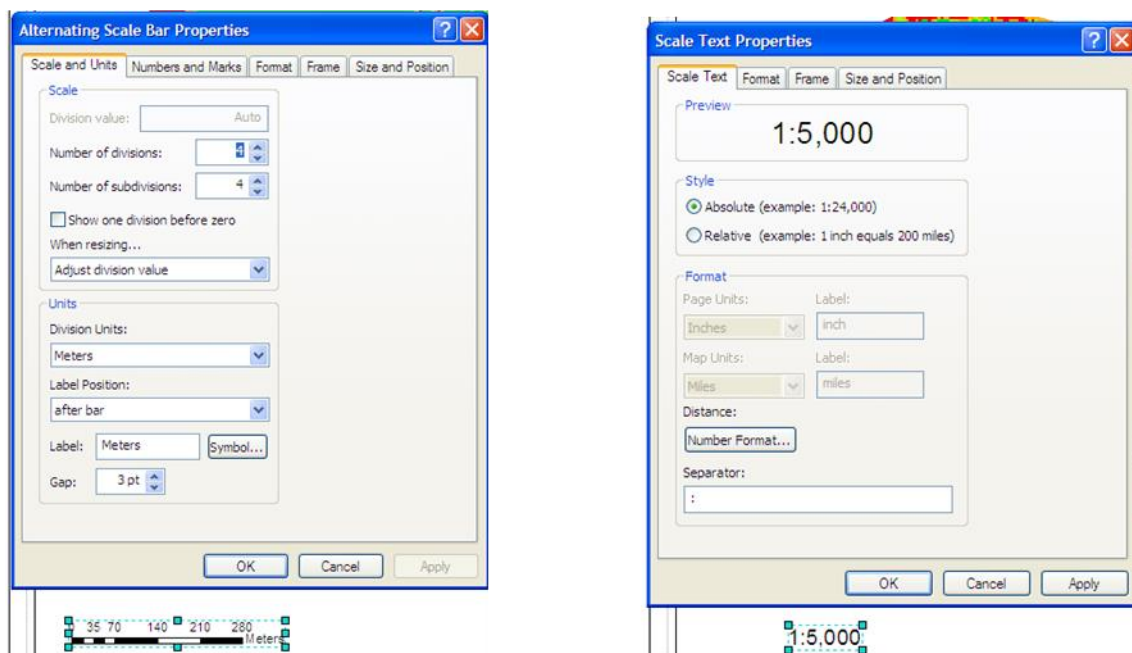


Figura 106 Janela de alteração da formatação da legenda gráfica (esquerda) e numérica (direita).

Após a formatação do tema obtém-se a carta final (Figura 107).

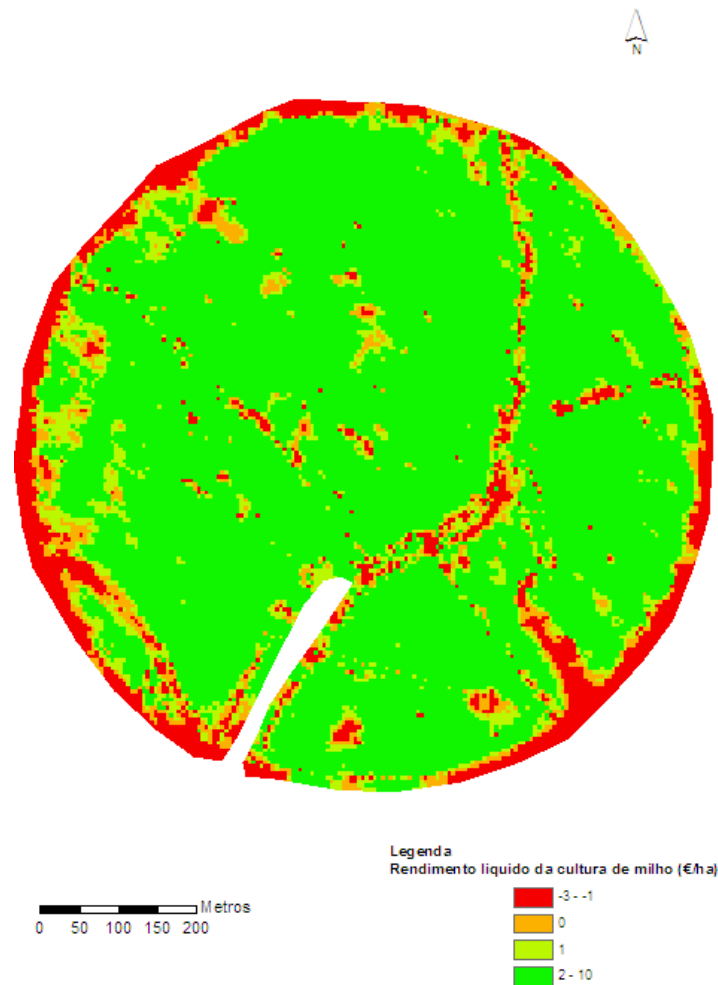


Figura 107 Carta de rendimento líquido da cultura de milho (€/ha).

Pode ainda incluir-se o título (**Insert/Title**) e caixas de texto (**Insert/Text**) no Layout.

O Layout pode ser impresso ou salvo em formato digital (**File/Export Map**). No último caso surge uma janela Export Map, em que se deve seleccionar o nome do ficheiro (**File name**), o tipo de ficheiro, **Save as type** (por exemplo, jpg, tiff, giff, pdf) e a resolução, **General/Resolution**. A opção **Clip Output to Graphics Extent** permite seleccionar apenas a área ocupada, eliminando a restante, que pode ser interessante quando se pretendem criar figuras para inserir num texto.